



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) PADA BENDUNGAN GONDANG, KABUPATEN KARANGANYAR JAWA TENGAH

KHOIRUL AHMADI
NRP. 10 1 1 15 00000 039

SYUKRI ABDURROHMAN
NRP. 10 1 1 15 00000 117

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. KUNTJORO, MT.
NIP. 19580629 198703 1 002

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

**METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN
BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) PADA
BENDUNGAN GONDANG, KABUPATEN
KARANGANYAR JAWA TENGAH**

**KHOIRUL AHMADI
NRP. 10 1 1 15 00000 039**

**SYUKRI ABDURROHMAN
NRP. 10 1 1 15 00000 117**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. KUNTJORO, MT.
NIP. 19580629 198703 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - RC145501

METHOD OF IMPLEMENTATION DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION BUILDING (SPILLWAY) IN GONDANG KARANGANYAR DAM PROJECT

**KHOIRUL AHMADI
NRP. 10 1 1 15 00000 039**

**SYUKRI ABDURROHMAN
NRP. 10 1 1 15 00000 117**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. KUNTJORO, MT.
NIP. 19580629 198703 1 002**

**DIPLOMA III PROGRAM OF CIVIL ENGINEERING
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF VOCATIONS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN
BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) PADA
BENDUNGAN GONDANG, KABUPATEN
KARANGANYAR JAWA TENGAH**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Gelar Ahli
Madya pada
Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya 2018
Disusun Oleh:

Mahasiswa 1

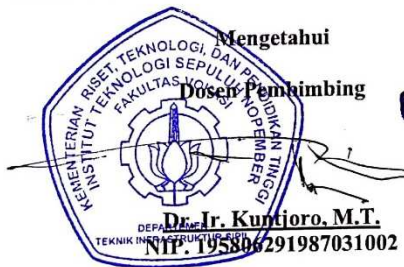


Khoirul Ahmadi
NRP. 10111500000039

Mahasiswa 2



Svukri Abdurrohman
NRP. 10111500000117



01 AUG 2018



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
 041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 18 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Metode Pelaksanaan Pembangunan Bangunan Petimpah (Spillway) Pada Bendungan Gondang Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah		
Nama Mahasiswa	Syukri Abdurrohmah	NRP	10111500000117
Nama Mahasiswa	Khoirul Ahmadi	NRP	10111500000039
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Kuntjoro. MT NIP 195806291987031002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
① - Tabel Distribusi alat berat vs waktu pemakaian ② - Hitungan bekisting & pectorjaan ③ - Gambar & buat landscape dan satu halaman penuh semua ulangan harus dibaca	 Tatas, ST. MT NIP 198006212005011002
- Cara menentukan titik koordinat spillway di lapangan -	 Ir. Didik Harjanto, CES NIP 195903291988111001
* Non Teknis : posisi halaman pada Bab, nomor tabel No. Bagan dan tabel disesuaikan. * Batasan masalah diperjelas, mana variabel bebasnya * Buat diagram waktu & Tahap pekerjaan disertai penggunaan alat berat.	 M. Hafizh I. ST. MT NIP 198602122015041001
	Dr. Ir. Kuntjoro. MT NIP 195806291987031002

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
 Tatas, ST. MT NIP 198006212005011002	 Ir. Didik Harjanto, CES NIP 195903291988111001	 M. Hafizh I. ST. MT NIP 198602122015041001	 Dr. Ir. Kuntjoro. MT NIP 195806291987031002

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING UNTUK PENJILIDAN BUKU LAPORAN TUGAS AKHIR TERAPAN		Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
 Dr. Ir. Kuntjoro. MT NIP 195806291987031002			



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.dipemasipt-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

NRP

Judul Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

: 1 SEUKRI ABDURRAHMAN

: 1 101115 00000 117

: METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN

BANGUNAN PELIMPAH (SPILLWAY) BENDUNGAN GONDANG

KARANGANYAR, JAWA TENGAH

: IR. Kuntjoro MT

2 KHORUL AHMADI

2 101115 00000 039

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	2-2-18	Latur Belakang ditambahi kebutuhan waduk untuk apa yg menjelaskan kondisi utk spillway berikut dgn data teknis spillway. dan Rumusan Masalah : + 1. + Review Babson masalah lebih singkat, patalat dan jelas diuraikan dr awal - akhir		B	C	K
2.	8-2-18	BAB 1 - Latur Belakang revisi - Babson Masalah revisi BAB 2 - Data Teknis		B	C	K
3.	20-2-18	BAB 2 - (Revisi, Datar Tepi) - Datar Tepi - yg telah dibelanjakan di lapangan		B	C	K
4.	5-3-18	Ditanjutkan sampai BAB 4				
5.	14-5-18	Melanjutkan BAB 4 dan BAB 5		B	C	K
6.	16-5-18	Melanjutkan BAB 5 (dan revisi)		B	C	K

Ket

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Tertambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomaipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 SEUKRI ABDURROHMAN 2 KHABIRUL AHMADI
 NRP : 1 101115 000 000 17 2 101115 000 000 39
 Judul Tugas Akhir : METODE PELAKSANAAN BANGUNAN PELIMPAH (SDILWA)
 BENDUNGAN GONDANG KARANGANYAR, JAWA TENGAH
 Dosen Pembimbing : Ir. Kuntjoro

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
7	4/6/18	Tampilan gambar & lay muka rencana kerja trap pemukiman	<i>[Signature]</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Pemetaan trap pemukiman sopaya lebih jelas metode pelaksanaannya		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	25/6/18	Langkah kerja	<i>[Signature]</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9	06/06/18	Bab 4 Met. belah ketupat bab 6 Volume pelat		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Keterangan		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Sitasi (pemukiman)		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Pemukiman		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Manfaat & Dampak		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10	07/06/18	Revisi diijinkan untuk mengakhiri		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Ket.
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasiits.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

NRP

Judul Tugas Akhir

: 1 KHOLIL AHMADI

: 1 101115 000000 39

: METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN BANGUNAN DELIMPAH (SILLWAY) BENDUNGAN BONDANG, KARANGANYAR

2 SEUKRI ABDURROHMAN

2 101115 000001 12

Dosen Pembimbing

: Dr. Ir. Kuntjoro, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
10.	28-Juni-18	Latihan presentasi	<i>[Signature]</i>			
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B

= Lebih cepat dari jadwal

C

= Sesuai dengan jadwal

K

= Terlambat dari jadwal

ABSTRAK

METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) PADA BENDUNGAN GONDANG, KABUPATEN KARANGANYAR, JAWA TENGAH

Nama : Khoirul Ahmadi
NRP : 10111500000039
Nama : Syukri Abdurrohman
NRP : 10111500000117
Program Studi : Departemen Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Kuntjoro, MT.
NIP : 19580629 198703 1 002

Bendungan Gondang merupakan sebuah proyek yang dikelola oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo yang terletak pada wilayah Desa Gondang, Kecamatan Kerjo, Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah. Bendungan Gondang direncanakan memenuhi kebutuhan air irigasi, kebutuhan air baku, dan mengatasi masalah banjir pada wilayah Kabupaten Karanganyar dan Kabupaten Sragen. Bendungan Gondang direncanakan dengan debit banjir rencana periode ulang 1000 tahun dengan data hujan harian selama 10 tahun serta luas DAS Karanganyar sebesar 20,19 km².

Spillway adalah bangunan yang digunakan untuk mengalirkan debit banjir agar tidak melimpas pada tubuh bendungan. Pada *spillway* Bendungan Gondang ini memiliki jenis bangunan pelimpah type samping atau type *side spillway*. Sehingga tugas akhir ini akan direncanakan metode pelaksanaan dan konstruksi proyek pembangunan *side spillway* lengkap dengan bangunan pelengkapannya yaitu: saluran pengarah, saluran transisi,

saluran peluncur dan bangunan peredam energi pada Bendungan Gondang Karanganyar.

Dalam proses pembangunan *side spillway* perlu dikaji terlebih dahulu metode yang digunakan dalam pembangunan *side spillway* agar penerapan di lapangan sesuai dengan perencanaan. Sehingga perlu dibuat sebuah dokumen metode pelaksanaan *side spillway* pada Bendungan Gondang Karanganyar.

Data yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pembangunan *spillway* ini meliputi beberapa tahap-tahap pekerjaan antara lain: Pekerjaan persiapan, pekerjaan surveying/ pemetaan, pekerjaan tanah, pekerjaan treatment/ grouting, dan pekerjaan pembetonan. Dari dokumen penulisan metode pelaksanaan ini diharapkan dapat membantu dalam pembangunan *Spillway* pada Bendungan Gondang Karanganyar.

Sehingga dalam tahapan akhir penulisan Tugas Akhir ini menentukan langkah-langkah metode pelaksanaan yang logis dan tepat berdasarkan analisa teoritis dan analisa perhitungan kebutuhan alat berat.

Kata kunci: metode pelaksanaan, *side spillway*, pembangunan.

ABSTRACT

METHOD OF IMPLEMENTATION DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION BUILDING (SPILLWAY) IN GONDANG KARANGANYAR DAM PROJECT

*Name : Khoirul Ahmadi
NRP : 10111500000039
Study Program : Diploma III Program of Civil
Engineering Civil Infrastructure
Departement Faculty of Vocations
Institut Teknologi Sepuluh*

*Name : Syukri Abdurrohman
NRP : 10111500000117
Study Program : Diploma III Program of Civil
Engineering Civil Infrastructure
Departement Faculty of Vocations
Institut Teknologi Sepuluh*

*Counsellor Lecture : Dr. Ir. Kuntjoro, M.T.
NIP : 19580629 198703 1 002*

Gondang Dam is a project run by the Ministry of Public Works and the Housing of the River Territory (BBWS) of Bengawan Solo located in Gondang Village, Kerjo Subdistrict, Karanganyar Regency, Central Java Province. Gondang dam is planned to meet the needs of irrigation water, raw water needs, and overcoming the problem of flooding in the area of Karanganyar Regency and Sragen Regency. Gondang dam is planned with a flood discharge plan 1000 year return period with daily rainfall data for 10 years and Karanganyar DAS area of 20.19 km².

Spillway is a building that is used to drain the flood discharge so as not to run off on the dam body. In spillway Gondang Dam has a type of building type side splinters or type side spillway. So this final project will be planned implementation and construction method of side spillway development project complete with its complementary building that is: steering channel, transition channel, launcher channel and building of energy reducer at Gondang Karanganyar Dam.

In the process of building the side spillway needs to be studied in advance the methods used in the construction of side spillway for the application in the field in accordance with the planning. So that need to be made a document method of implementation of side spillway on Gondang Karanganyar Dam.

The data required in this spillway development involves several stages of work: Preparatory work, surveying/ mapping work, soil work, treatment / grouting work, and a concreting work. From the writing document this method of implementation is expected to assist in the construction of Spillway on Gondang Dam Karanganyar.

So in the final step of writing this Final Project determines the steps of logical and precise implementation methods based on theoretical analysis and calculation analysis of equipment needs.

Keywords: implementation method, side spillway, development.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillahirrobbilalamin penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala dengan rahmat dan pertolonganNya sehingga tugas akhir terapan ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu dengan judul:

METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) PADA BENDUNGAN GONDANG, KABUPATEN KARANGANYAR JAWA TENGAH

Penyusunan tugas akhir terapan ini merupakan salah satu syarat akademis bagi mahasiswa prodi DIII Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang mempunyai bobot sebesar 6 sks. Melalui tugas akhir terapan ini, penulis dapat mengajukan judul untuk penyusunan tugas akhir sebagai syarat kelulusan bagi mahasiswa prodi DIII Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam penyusunan tugas akhir terapan ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, antara lain:

1. Bapak Dr. Machsus, ST., MT selaku Kepala Program Studi Diploma III Depaetemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.
2. Dr. Ir. Kuntjoro, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Terapan, yang dengan sabar dan ikhlas membimbing dan meluangkan waktunya hingga terselesaikan Tugas Akhir Terapan ini.
3. Arif Gunawan, MT selaku penanggung jawab pada proyek pembangunan Bendungan Gondang Karanganyar, Jawa Tengah.
4. Keluarga serta rekan-rekan penulis.
5. Serta pihak-pihak lainnya yang belum disebutkan oleh penulis.

Penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran sebagai masukan agar penyusunan tugas akhir dapat terselesaikan dengan baik, tepat waktu dan sesuai harapan. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa lainnya dan dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 18 Juli 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR BAGAN.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Lokasi Studi.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Definisi Teknis Pekerjaan.....	7
2.2 Data Teknis Bangunan Pelimpah	8
2.3 Gambar Teknis Bangunan Pelimpah	9
2.4 Jadwal Pelaksanaan Pembangunan.....	9
2.5 Lingkup Jenis Pekerjaan	10
2.6 Tahapan Pekerjaan.....	10
2.6.1 Pekerjaan Persiapan.....	10
2.6.2 Pekerjaan Surveying/ pemetaan	10

2.6.3	Pekerjaan <i>Clearing, Grubbing dan Stripping</i>	16
2.6.4	Pekerjaan Galian Pelimpah	18
2.6.5	Pekerjaan Grouting	19
2.6.6	Pekerjaan Pembetonan	22
2.7	Alat Berat	27
2.7.1	Sumber Alat Berat.....	27
2.7.2	Pemilihan Alat Berat Sesuai Kebutuhan Lapangan.....	28
2.7.3	Produktifitas Alat Berat	28
2.7.4	Perhitungan Alat Berat.....	29
2.7.5	Jenis Alat Berat Yang Digunakan.....	30
BAB 3	METODOLOGI.....	49
3.1	Umum.....	49
3.2	Persiapan	49
3.3	Studi Literatur.....	50
3.4	Pengumpulan Data	50
3.5	Analisa Pekerjaan	51
3.6	Bagan Alir	52
3.7	Kebutuhan Data.....	53
3.8	Ketersediaan Data.....	53
3.9	Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir Terapan	53
3.10	Hasil.....	54
3.11	Kesimpulan.....	54

BAB 4	METODE PELAKSANAAN	55
4.1	Pekerjaan Persiapan.....	55
4.1.1	Mobilisasi dan Demobilisasi	55
4.1.2	Pemasangan Bowplank	56
4.2	Pekerjaan Surveying/ pemetaan.....	59
4.2.1	Pengukuran BM Utama Menggunakan GPS Geodetic	59
4.2.2	Pengukuran BM Spillway Menggunakan Total Station	64
4.2.3	Pengukuran As Spillway Menggunakan Total Station	81
4.3	Pekerjaan Tanah	86
4.3.1	Pekerjaan Clearing, Grubbing dan Stripping	86
4.3.2	Pekerjaan Galian Pelimpah	99
4.4	Pekerjaan Perbaikan Pondasi.....	116
4.4.1	Pekerjaan Grouting.....	116
4.4.2	Pekerjaan Pemboran.....	129
4.5	Pekerjaan Pembetonan.....	137
BAB 5	PENUTUP.....	157
5.1	Kesimpulan.....	157
5.2	Saran	160
DAFTAR PUSTAKA	161
LAMPIRAN	162

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR BAGAN

Bagan 1. Metodologi Tugas Akhir Terapan.....	52
--	----

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi proyek pembangunan Bendungan Gondang	5
Gambar 2.1 Alat GPS Geodetik	11
Gambar 2.2 Detail alat Total Station.....	13
Gambar 2.3 Detail prisma	14
Gambar 2.4 Detail tripod.....	15
Gambar 2.5 Bulldozer	30
Gambar 2.6 Excavator	34
Gambar 2.7 Dump Truck	39
Gambar 2.8 Batching Plant	42
Gambar 2.9 Truck Mixer.....	43
Gambar 2.10 Concrete Pump	45
Gambar 2.11 Drilling machine.....	46
Gambar 2.12 Grout pump.....	47
Gambar 2.13 Grout mixer	47
Gambar 4.1 Lokasi titik BM	60
Gambar 4.2 GPS Geodetic	61
Gambar 4.3 Lokasi patok DM1 dan DM2.....	62
Gambar 4.4 Denah Spillway Bendungan Gondang	65
Gambar 4.5 Potongan Memanjang Spillway Bendungan Gondang	66
Gambar 4.6 Peta Topografi Bendungan Gondang	67
Gambar 4.7 Peta Topografi Bendungan Gondang dan Rencana Bangunan Pelimpah.....	68
Gambar 4.8 Gambar garis DM1 – DM2 (garis warna kuning)	69
Gambar 4.9 Gambar garis DM2 – SPL1 (garis warna merah)	70
Gambar 4.10 Gambar garis DM2 – SPL6 (garis warna ungu)	71

Gambar 4.11 Sudut antara garis DM2 – SPL1 dengan garis DM2 – Patok SPL2	72
Gambar 4.12 Pengukuran sudut mengikuti arah jarum jam (garis kuning ke garis merah).....	73
Gambar 4.13 Satuan sudut dalam deg/min/sec	74
Gambar 4.14 Jarak antara DM2 dengan patok SPL1	75
Gambar 4.15 Alat berdiri diatas patok DM 2, yallon berdiri diatas DM 1	76
Gambar 4.16 Bidikkan lensa kea rah prisma yaloon	77
Gambar 4.17 Tampilan menu OSET untuk mengatur sudut	77
Gambar 4.18 Tampilan menu MEAS	78
Gambar 4.19 Arahkan lensa hingga sudut sesuai dengan daftar sudut.....	78
Gambar 4.20 Tampilan sudut horizontal pada alat	79
Gambar 4.21 Mengecek jarak agar sesuai dengan daftar jarak.....	79
Gambar 4.22 Jarak horizontal pada menu SHV.....	80
Gambar 4.23 Tampak As Spillway pada rencana Spillway	82
Gambar 4.24 Patok kayu	83
Gambar 4.25 Patok beton.....	84
Gambar 4.26 Area pembersihan lokasi Spillway.....	87
Gambar 4.27 Pembersihan semak belukar dan pohon kecil	88
Gambar 4.28 Pembuangan semak belukar dan pohon kecil di spoil bank	89
Gambar 4.29 Pembakaran semak belukar dan pohon kecil	89
Gambar 4.30 Pembersihan tumnbuhan, semak belukar dan pohon kecil.....	90
Gambar 4.31 Pengangkutan hasil pembersihan ke spoilbank	91

Gambar 4.32 Pemotongan pohon menggunakan gergaji mesin (chainsaw).....	92
Gambar 4.33 Pembuangan semak belukar dan pohon kecil di spoil bank	92
Gambar 4.34 Ilustrasi pekerjaan Striping.....	93
Gambar 4.35 Denah Bangunan Pelimpah (Spillway)	100
Gambar 4.36 Potongan melintang pekerjaan galian bangunan pelimpah SP 3	101
Gambar 4.37 Potongan memanjang galian bangunan pelimpah	102
Gambar 4.38 Ilustrasi pekerjaan galian tanah	103
Gambar 4.39 Proses penggalian tanah	104
Gambar 4.40 Tahapan proses penggalian tanah.....	104
Gambar 4.41 Tahapan akhir pekerjaan galian tanah	105
Gambar 4.42 Proses merapikan hasil galian tanah.....	105
Gambar 4.43 Pengangkutan hasil galian material galian .	106
Gambar 4.44 Perataan hasil galian menggunakan bulldozer	107
Gambar 4.45 Penggalian batuan menggunakan hydraulic hammer.....	107
Gambar 4.46 Proses penggalian batu	108
Gambar 4.47 Situasi pelonggaran material galian	108
Gambar 4.48 Penggalian batuan.....	109
Gambar 4.49 Pengangkutan hasil material galian	109
Gambar 4.50 Pengangkutan hasil material.....	110
Gambar 4.51 Visualisasi pada galian tanah	115
Gambar 4.52 Visualisasi pada galian batuan	115
Gambar 4.53 Denah pekerjaan grouting di tubuh bendungan	116
Gambar 4.54 Detail pekerjaan grouting pada bangunan pelimpah (tampak potongan memanjang)	117

Gambar 4.55 Metode grouting bertahap menurun tanpa penyekat	118
Gambar 4.56 Metode grouting bertahap menurun dengan penyekat	119
Gambar 4.57 Pekerjaan drilling dan grouting.....	121
Gambar 4.58 Pemboran dan Groting Stage 1 (0 – 5 m)....	125
Gambar 4.59 Pemboran dan Grouting Stage 2 (5– 10 m).	126
Gambar 4.60 Visualisasi pada grouting	128
Gambar 4.61 Denah site plan lokasi grouting.....	129
Gambar 4.62 Potongan situasi pemboran lokasi grouting	131
Gambar 4.63 Visualisasi pada drilling	136
Gambar 4.64 Denah lokasi pembetonan	138
Gambar 4.65 Detail pelimpah yang akan di beton.....	139
Gambar 4.66 Situasi pembetonan potongan melintang bangunan pelimpah	139
Gambar 4.67 Waterstop dengan dowel bar dan joint filler	140
Gambar 4.68 Tahapan pengecoran pada bangunan pelimpah (spillway).....	146
Gambar 4.69 Tampak proses pengecoran lantai bangunan pelimpah (spillway).....	147
Gambar 4.70 Tampak proses pengecoran dinding bangunan pelimpah (spillway).....	148
Gambar 4.71 Tampak tahapan akhir pengecoran dinding dan lantai bangunan pelimpah (spillway)	148
Gambar 4.72 Tampak tahapan akhir pengecoran dinding dan lantai bangunan pelimpah (spillway)	149
Gambar 4.73 Visualisasi akhir proses pengecoran bangunan pelimpah (spillway)	150
Gambar 4.74 Visualisasi pembetonan.....	155

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Volume tiap pekerjaan	9
Tabel 2.2 Presentasi Standar untuk Berat Material Agregat Halus.....	24
Tabel 2.3 Presentasi Standar untuk Berat Material Agregat Kasar.....	25
Tabel 2.4 Klasifikasi Campuran Beton	26
Tabel 2.5 Faktor Efisiensi Kerja	31
Tabel 2.6 Produksi persiklus	32
Tabel 2.7 Waktu siklus.....	32
Tabel 2.8 Produktivitas	32
Tabel 2.9 Faktor bucket.....	35
Tabel 2.10 Koefisien alat	36
Tabel 2.11 Faktor efisiensi alat	36
Tabel 2.12 Faktor konversi galian (F_v) untuk alat Excavator	36
Tabel 2.13 Faktor pengembangan tanah (F_k).....	37
Tabel 2.14 Waktu gali excavator.....	37
Tabel 2.15 Waktu putar excavator	38
Tabel 2.16 Waktu buang excavator.....	38
Tabel 2.17 Faktor efisiensi alat Dump truck	39
Tabel 2.18 Kecepatan dump truck dan kondisi lapangan...	40
Tabel 2.19 Waktu bunag dump truck	40
Tabel 2.20 Waktu pengisian dump truck	41
Tabel 2.21 Faktor Efisiensi alat/kerja	42
Tabel 3.1 Ketersediaan Data Tugas Akhir Terapan	53
Tabel 3.2 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir Terapan.....	53
Tabel 4.1 Patok Koordinat As Main Dam.....	62
Tabel 4.2 Koordinat BM Spillway	64
Tabel 4.3 Daftar sudut dan jarak DM2 ke patok BM Spillway.....	76

Tabel 4.4 Koordinat UTM BM Spillway81

Tabel 4.5 Patok koordinat BM Spillway.....84

Tabel 4.6 Koordinat UTM As Spillway86

Tabel 4.7 Tabel Lokasi Jarak94

Tabel 4.8 Pengujian water pressure test pada curtain
grouting123

Tabel 4.9 Tekanan penolakan maksimum curtain grouting
.....123

Tabel 4.10 Campuran grouting pada water pressure.....124

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bendungan Gondang terletak di Sungai Garuda yang berhulu di kaki Gunung Lawu Desa Gondang Kecamatan Kerjo Kabupaten Karangayar, Jawa Tengah berada pada koordinat 7° 34' 07.8" LS dan 111° 04' 36" BT. Dalam pembangunan Bendungan mempunyai fungsi untuk menyimpan cadangan air, memenuhi kebutuhan air irigasi, kebutuhan air baku, mengatasi masalah banjir dan pengendalian banjir. Khusus untuk fungsi kebutuhan irigasi, Bendungan Gondang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi 20% di Kabupaten Karanganyar dan 80% di Kabupaten Sragen.

Proyek pembangunan Bendungan Gondang Karanganyar ini dimiliki oleh Kementerian PUPR Ditjen SDA BBWS Bengawan Solo. Sedangkan untuk konsultan perencana adalah PT. Gracia Widyakarsa, untuk konsultan supervisi adalah PT. Binatama Wirawredha dan untuk kontraktornya adalah PT. Waskita Karya.

Bendungan Gondang terdiri dari beberapa komponen, yaitu: badan bendungan, bangunan pelimpah, bangunan pengelak, dan bangunan pengambil. Dalam Tugas Akhir ini kami memfokuskan pada metode pelaksanaan bangunan pelimpah atau *spillway*. *Spillway* adalah bangunan beserta instalasinya untuk mengalirkan air banjir yang masuk

ke dalam waduk agar tidak membahayakan keamanan bendungan.

Dari hasil perhitungan perencanaan dengan menggunakan debit banjir rencana periode ulang 1000 tahun didapatkan kapasitas tampungan waduk total adalah $7.06 \times 10^6 \text{ m}^3$ dan dimensi spillway dengan lebar sebesar 45 m.

Dengan tampungan waduk total $7.06 \times 10^6 \text{ m}^3$ maka diperuntukkan untuk mengalir lahan seluas 4.630 hektar dan air baku sebesar 0,8 liter/detik.

Elevasi puncak spillway +520,00 m dan elevasi dasar sungai sebesar +484,00 m sehingga diketahui tinggi spillway sebesar 36 m, lalu total panjang pelimpah sebesar 403,00 m dengan tipe pelimpah samping (*side spillway*).

Kondisi topografi permukaan tanah di Bendungan Gondang adalah pada ketinggian antara +400 m sampai +550 m dan dibangun dengan mutu beton K225. Oleh karena itu haruslah disusun metode pelaksanaan yang cermat sehingga kegagalan pada pembangunan tersebut dapat dihindari.

Untuk pembangunan Bendungan Gondang terdiri dari 5 (lima) tahapan pekerjaan utama, yaitu: Pekerjaan persiapan, pekerjaan surveying/ pemetaan, pekerjaan tanah, pekerjaan treatment/ grouting, dan pekerjaan pembetonan.

Dalam proses pembangunan Bendungan Gondang Karanganyar ini, pihak pemilik proyek menyerahkan metode pelaksanaan sepenuhnya kepada pihak kontraktor, namun pihak pemilik proyek tidak memberikan patokan metode pelaksanaan yang sesuai

dengan kondisi eksisiting lapangan yang detail dan hanya bersifat penjelasan umum sehingga diperlukan suatu metode pelaksanaan yang lebih detail.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penulis merumuskan permasalahan yang terjadi yaitu, tidak adanya dokumen metode pelaksanaan yang detail untuk kontraktor dalam melaksanakan pekerjaan bangunan pelimpah/ *spillway* pada Proyek Bendungan Gondang Karanganyar.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Waktu pelaksanaan mengikuti schedule rencana
2. Tidak menganggarkan biaya pekerjaan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari kegiatan pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini adalah:

1. Membuat tahapan metode pelaksanaan pada bangunan pelimpah (*Spillway*) Pada Proyek Bendungan Gondang, Karanganyar.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diberikan dari Tugas Akhir ini adalah:

Praktis:

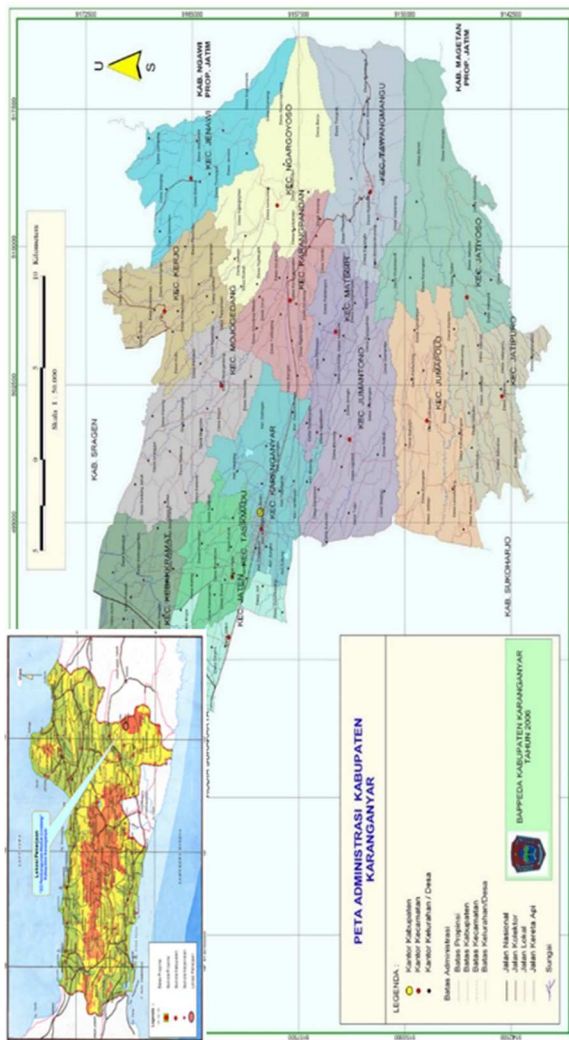
Memberikan model pedoman metode pelaksanaan sesuai analisa dan rencana agar pembangunan tubuh bangunan spillway dapat dilaksanakan dengan optimal.

Teoritis:

Menambah khazanah ilmu pengetahuan pada bidang sumber daya air, khususnya bendungan Gondang Karanganyar

1.6 Lokasi Studi

Lokasi Bendungan Gondang secara administratif terletak di Dusun Gondang, Desa Gempolan, Kecamatan Kerjo, Kabupaten Karanganyar Provinsi Jawa Tengah dengan koordinat 7° 34' 07.8" LS dan 111° 04' 36" BT. Bendungan Gondang membentang dan membendung Sungai Garuda yang terletak di hulu kaki Gunung Lawu. Desa Gempolan berada di ketinggian ±500meter diatas permukaan air laut. Terlihat seperti Gambar 1.1 merupakan gambar lokasi proyek



Gambar 1.1 Lokasi proyek pembangunan Bendungan Gondang
(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Teknis Pekerjaan

Metode Pelaksanaan Pekerjaan (*Construction Method*) adalah metode yang menggambarkan penguasaan penyelesaian pekerjaan yang sistematis dari awal sampai akhir meliputi tahapan/urutan pekerjaan (utama) dan uraian/cara kerja dari masing-masing jenis kegiatan pekerjaan utama dan penunjang pekerjaan utama yang dapat dipertanggung jawabkan secara teknis. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor: 31/PRT/M/2015).

Metode Kerja (*Work Method*) memiliki definisi menurut Pedoman Pengawasan Penyelenggara Pekerjaan Konstruksi adalah cara pelaksanaan kegiatan pekerjaan dengan susunan bahan, peralatan dan tenaga manusia yang menghasilkan produk pekerjaan dalam bentuk satuan volume dan biaya. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum 2008).

Analisis Pendekatan Teknis (*Technical Analysis*) adalah perhitungan pendekatan teknis atas kebutuhan sumber daya material, tenaga kerja, dan peralatan untuk melaksanakan dan menyelesaikan pekerjaan konstruksi. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008).

2.2 Data Teknis Bangunan Pelimpah

Tipe Saluran Pelimpah	: Pelimpah
Samping tanpa pintu (<i>Side Spillway Overflow</i>)	
Tipe Mercu Pelimpah	: Ogee Spillway
Elevasi Ambang	: Elevasi +515,00
Panjang Ambang	: 45,00 m
Elevasi Dasar Saluran Samping	: Hulu : El. +509,00 m
	: Hilir : El. +508,33 m
Lebar Saluran Transisi	: Hulu : 25,00 m
	: Hilir : 20,00 m
Panjang Saluran Transisi	: 40,00 m
Lebar Saluran Peluncur	: 20,00 m
Panjang Saluran Peluncur	: 320,00 m
Tipe Peredam Energi	: MDO
Lebar Peredam Energi	: 20,00 m
Panjang Peredam Energi	: 43,00 m

Tabel 2.1 Volume tiap pekerjaan

	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan
1	Land Clearing dan Grubbing	49.739,58	m ²
2	Pengupasan (Stripping)	49.739,58	m ²
3	Galian		
3.1	Galian Tanah	129.691,26	m ³
3.3	Galian Batu	518.765,04	m ³
4.	Pekerjaan Grouting	1.177,20	m ³
5.	Pekerjaan Pembetonan		
5.1	Beton mutu K100	7.113,83	m ³
5.3	Beton mutu K225	28.455,33	m ³

Sumber: Dokumen Teknis Bendungan Gondang, Karanganyar

2.3 Gambar Teknis Bangunan Pelimpah

Sebelum melakukan pekerjaan terhadap bangunan pelimpah, pekerjaan pelaksanaan harus sesuai dengan gambar rencana. Gambar rencana tersebut meliputi gambar potongan memanjang dan melintang (terlampir)

2.4 Jadwal Pelaksanaan Pembangunan

Rencana pelaksanaan Pembangunan Bangunan Pelimpah (*Spillway*) Bendungan Gondang di mulai bertahap selama 39 Bulan kalender (Mei 2014 – Mei 2018).

2.5 Lingkup Jenis Pekerjaan

Jenis pekerjaan yang dilaksanakan pada pembangunan bangunan pelimpah (*spillway*) adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan Persiapan (Mobilisasi dan Demobilisasi.
2. Pekerjaan Pemasangan Bowplank
3. Pekerjaan Surveying/ pemetaan.
4. Pekerjaan Clearing, stripping, dan grubbing.
5. Pekerjaan Galian Pelimpah.
6. Pekerjaan Perbaikan Pondasi (Grouting).
7. Pekerjaan Pemboran (Grouting).
8. Pekerjaan Pembetonan

2.6 Tahapan Pekerjaan

2.6.1 Pekerjaan Persiapan

Mobilisasi dan Demobilisasi

Mobilisasi adalah kegiatan mendatangkan barang/ peralatan/ lainnya ke lokasi pekerjaan sedangkan demobilisasi adalah mengembalikan barang/ peralatan proyek sesuai spesifikasi yang ditentukan dalam dokumen lelang dengan menggunakan alat angkutan darat (trailer/ truk besar) maupun alat angkutan air (ponton).

2.6.2 Pekerjaan Surveying/ pemetaan

A. Pengukuran Gambar Kerja Untuk Menentukan Patok *Benchmark*

Penentuan survey pengukuran gambar kerja dan penentuan titik patok *benchmark* dengan menggunakan alat GPS Geodetik



Gambar 2.1 Alat GPS Geodetik
(Sumber: Google)

Berikut ini adalah langkah – langkah yang dilakukan untuk mengatasi apabila terjadi beberapa kendala di lapangan, seperti permasalahan cuaca dan lain – lain:

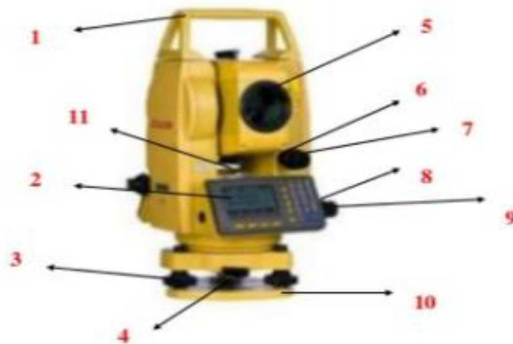
1. Langkah awal untuk mengatasi permasalahan pengukuran yang dikarenakan minimnya peralatan yang memadai dilakukan dengan menyisihkan sebagian dana taktis yang masuk untuk membeli peralatan pengukuran seperti *GPS Geodetic* dan *Total Station*. Disamping itu juga dengan menjaga dan memelihara peralatan yang telah ada dengan sebaik-baiknya.
2. Apabila kondisi berbahaya lain yang mungkin dihadapi *surveyor* adalah terkait masalah cuaca, seperti ekspos berlebihan terhadap cahaya matahari. Bahkan pada hari sangat panas, pengukuran sebaiknya dilakukan pada pagi hari dan dihentikan pada siang hari.
3. Pada umumnya GPS Geodetik cocok digunakan untuk area pengukuran yang luas dengan kebutuhan akurasi maksimum 8 mm. Karena pemakaiannya bergantung pada ketersediaan sinyal satelit, maka area yang secara

umum bebas dari penghalang antara alat dan langit adalah area yang terbaik untuk menggunakan GPS.

4. Sistem pengukuran yang berbasis *Total Station* (TS) mampu memberikan akurasi terbaik untuk penentuan posisi di dalam site, stakeout, grade checking dan pengukuran. Meskipun *Total Station* memiliki cakupan yang lebih rendah dari GPS, namun *Total Station* lebih baik untuk proyek yang mengutamakan akurasi. TS ideal untuk pengukuran yang memerlukan akurasi yang sangat tinggi: 3 mm. Terdapat teknologi yang disebut dengan *reflectorless measurement* yang mana memungkinkan pengukuran tanpa memerlukan prisma sebagai target bidikan. Hal ini sangat cocok untuk pengukuran volume, pengukuran dalam kondisi berbahaya atau ketika lokasi sasaran sulit dijangkau.
5. Selain memperhatikan kemudahan dan jangkauan luas yang dimiliki GPS, atau pengukuran akurat dan presisi yang dimiliki *Total Station*, faktor lain seperti kondisi tempat dan ketersediaan *software* pengolahan data juga patut dipertimbangkan. Pastikan bahwa *software* yang dimiliki telah dikembangkan secara spesifik untuk memenuhi kebutuhan kontraktor serta memiliki fleksibilitas untuk melakukan seluruh pekerjaan *positioning* dan pengukuran yang kamu butuhkan. Penting juga untuk memperhatikan alat kelengkapan yang tersedia, *controller* dan komponen lain untuk menunjang durabilitas alat selama di lapangan, konektivitas dan kemudahan dalam penggunaan alat tersebut secara keseluruhan.

B. Pengukuran BM dan As Spillway

Penentuan survey pengukuran BM dan As *spillway* menggunakan alat *Total Station*. Berikut adalah penjelasan mengenai *Total Station* tersebut.



Gambar 2.2 Detail alat *Total Station*

(Sumber: Modul Pemetaan 1 dan 2)

Berikut adalah penjelasan mengenai bagian-bagian dalam *Total Station* beserta fungsinya:

1. Gagang berfungsi untuk pegangan alat.
2. Display berfungsi untuk menampilkan hasil bidikan.
3. Sekrup penyeimbang berfungsi untuk menyeimbangkan alat.
4. Nivo kotak berfungsi untuk menentukan kedataran sumbu vertikal.
5. Teropong berfungsi untuk membidik suatu objek.
6. Pengunci horizontal berfungsi untuk mengunci gerak alat secara horizontal.
7. Pemutar halus horizontal berfungsi untuk memperhalus objek yang dilihat.
8. Pengunci vertikal berfungsi untuk mengunci gerak alat secara vertikal.

9. Sekrup penyeimbang berfungsi untuk mengatur keseimbangan alat.
10. Dudukan berfungsi untuk penyangga alat.
11. Nivo tabung berfungsi untuk menentukan kedataran alat.

Gambar 2.3 menjelaskan tentang detail alat prisma yang digunakan untuk pembacaan koordinat titik utama



Gambar 2.3 Detail prisma
(Sumber: Modul Pemetaan 1 dan 2)



Gambar 2.4 Detail tripod
(Sumber: Modul Pemetaan 1 dan 2)

Gambar 2.4 menjelaskan bagianbagian alat tripod berikut beserta fungsinya:

1. Bidang level berfungsi untuk tempat menyimpan alat ukur.
2. Sekrup pengunci berfungsi untuk mengunci alat agar tidak jatuh.
3. Tali pembawa berfungsi untuk membawa alat kemana saja.
4. Sekrup penyetel berfungsi untuk mengatur ketinggian alat.
5. Kaki statif berfungsi untuk menancapkan alat pada tanah.

2.6.3 Pekerjaan *Clearing, Grubbing dan Stripping*

A. Definisi dan tujuan

Permbersihan lokasi dilaksanakan terhadap material-material yang dapat mengganggu pelaksanaan pekerjaan di lokasi pekerjaan struktur sesuai dengan cakupan pekerjaan dalam kontrak pekerjaan seperti: rumput/semak, pohon-pohon, ataupun benda lainnya yang selanjutnya akan dipindahkan ke tempat yang sudah ditentukan. Setelah pekerjaan *clearing* dan *grubbing* selesai, dilanjutkan dengan pekerjaan stripping atau pengupasan tanah permukaan sedalam 30 cm. Pekerjaan ini membutuhkan tenaga pekerja yang disertai dengan penggunaan peralatan seperti:

1. Excavator
2. Bulldozer
3. Dump truck
4. Gergaji mesin

B. Jenis pekerjaan

1. Pekerjaan *clearing*

Pekerjaan pembersihan permukaan tanah dengan cara membuang tumbuhan atau bangunan-bangunan sebagai langkah permulaan sebelum pengupasan lapisan penutup bahan galian.

2. Pekerjaan *grubbing*

Pekerjaan membongkar dan membuang sisa-sisa batang dan akar pepohonan sebagai langkah awal sebelum pengupasan tanah.

3. Pekerjaan *stripping*

Pekerjaan pengupasan tanah lapis atas yang banyak mengandung bahan organik maupun non organik.

C. Durasi pekerjaan

Pekerjaan *clearing grubbing* dan *stripping* dikerjakan secara bersamaan dengan durasi total 6 bulan yang di laksanakan secara bertahap berdasarkan jadwal pekerjaan.

D. Kesehatan dan keselamatan kerja pelaksanaan pekerjaan

Dalam pekerjaan konstruksi seperti pekerjaan tanah ini, kemungkinan akan terjadi suatu kecelakaan, sehingga perlu direncanakan HIRARC (identifikasi bahaya yang mungkin timbul), melakukan analisa nilai resiko, maupun merencanakan cara pengendaliannya sehingga resiko terjadinya kecelakaan semakin diperkecil. Beberapa hal yang dilakukan sebagai kontrol terhadap upaya tersebut adalah mewajibkan pekerja mengenakan APD (Alat Pelindung Diri) standar dalam bekerja, yaitu:

- Wajib mengenakan helm pengaman kepala.
- Wajib mengenakan sarung tangan.
- Wajib mengenakan sepatu safety.
- Wajib mengenakan sabuk pengaman (safety belt) untuk pekerja di ketinggian.
- Menugaskan personil khusus HSE untuk selalu memperhatikan aplikasi K3LM di lapangan.
- Memasang rambu-rambu peringatan pada tempat-tempat tertentu untuk mengingatkan kepada seluruh pekerja maupun orang lain yang berada di sekitar tempat pekerjaan

2.6.4 Pekerjaan Galian Pelimpah

A. Definisi dan tujuan

Lingkup pekerjaan ini adalah penggalian dan pengangkutan semua material baik yang dipergunakan kembali (suitable) maupun yang tidak digunakan kembali (unsuitable), pengangkutan ke lokasi penumpukan/pembuangan, pembentukan dan perapihan galian sesuai alur, elevasi, kemiringan, dan ukuran yang tercantum dalam gambar. Pekerjaan galian dalam proyek ini dilakukan oleh operator serta diawasi oleh pengawas dan juru ukur yang berpengalaman. Supaya hasil galian benar-benar sesuai dengan spesifikasi maka dilakukan pemasangan bow plank pada interval jarak tertentu sebagai acuan, peralatan yang digunakan:

1. Excavator
2. Buldozer
3. Dumptruck
4. Gergaji mesin

B. Jenis pekerjaan

Jenis pekerjaan galian tanah meliputi:

1. Galian tanah lunak
2. Galian tanah keras

C. Durasi pekerjaan

Pekerjaan galian batu dikerjakan dengan durasi total 27 bulan yang dilaksanakan secara bertahap berdasarkan jadwal pekerjaan.

D. Kesehatan dan keselamatan kerja pelaksanaan pekerjaan

Dalam pekerjaan konstruksi seperti pekerjaan tanah ini, kemungkinan akan terjadi suatu kecelakaan, sehingga perlu direncanakan HIRARC (identifikasi bahaya yang mungkin timbul), melakukan analisa nilai resiko, maupun merencanakan cara pengendaliannya

sehingga resiko terjadinya kecelakaan semakin diperkecil. Beberapa hal yang dilakukan sebagai kontrol terhadap upaya tersebut adalah mewajibkan pekerja mengenakan APD (Alat Pelindung Diri) standar dalam bekerja, yaitu:

- Wajib mengenakan helm pengaman kepala.
- Wajib mengenakan sarung tangan.
- Wajib mengenakan sepatu safety.
- Wajib mengenakan sabuk pengaman (*safety belt*) untuk pekerja di ketinggian.
- Menugaskan personil khusus HSE untuk selalu memperhatikan aplikasi K3LM di lapangan.
- Memasang rambu-rambu peringatan pada tempat-tempat tertentu untuk mengingatkan kepada seluruh pekerja maupun orang lain yang berada di sekitar tempat pekerjaan.

2.6.5 Pekerjaan Grouting

A. Definisi dan tujuan

Definisi dilakukannya grouting adalah: Grouting atau injeksi, suatu proses pemasukan suatu cairan dengan tekanan kedalam rongga atau pori rekahan dan kekar pada batuan yang dalam waktu tertentu cairan tersebut akan menjadi padat dan keras secara fisika maupun kimiawi, dengan tujuan:

Tujuan dilakukannya grouting adalah:

- Menurunkan permeabilitas, dengan maksud: Mengurangi intensitas aliran

filtrasi (kebocoran-kebocoran) dari waduk yang mengalir melalui rekahan yang terdapat pada pondasi bendungan.

- Meningkatkan kuat geser, dengan maksud: Mengurangi gaya ke atas (*uplift*) pada dasar calon bendungan yang disebabkan oleh tekanan air tanah yang terdapat dalam lapisan pondasi.
- Mengurangi kompresibilitas, dengan maksud: Meningkatkan daya dukung batuan yang membentuk lapisan pondasi calon bendung.
- Mengurangi potensi erosi internal, dengan maksud: terutama pada pondasi alluvial, Memberbaiki pondasi bawah permukaan yang lebih dalam 10 m hingga 100 m tanpa penggalian.

B. Jenis pekerjaan

Ada beberapa macam grouting yang dilakukan pada bangunan pelimpah yaitu:

1. Consolidation grouting yaitu grouting yang bertujuan untuk menambah daya tahan batuan atau tanah terhadap benda yang ada di atasnya.
2. Curtain grouting yaitu tujuan membentuk zona permeabilitas air rendah di batu pondasi bendungan dan bangunan sekitarnya dengan menyuntikkan semen grouting dengan tekanan tertentu ke dalam lubang batu seperti patahan, sambungan dan retakan.
3. Backfill grouting yaitu grouting yang bertujuan mengisi rongga-rongga diantara batuan dan beton.

C. Durasi pekerjaan

Durasi atau waktu yang di butuhkan untuk pekerjaan ini adalah 60 hari, dimana untuk consolidation grouting membutuhkan waktu 30 hari dan untuk back fill grouting juga 30 hari begitu pula dengan curtain grouting.

D. Kesehatan dan keselamatan kerja pelaksanaan pekerjaan.

Untuk meminimalisir dan mencegah terjadinya kecelakaan dalam pekerjaan ini hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Wajib mengenakan helm pengaman kepala. Wajib mengenakan sarung tangan.
- Wajib mengenakan sepatu safety.
- Wajib mengenakan kacamata pengaman untuk pekerjaan las.
- Wajib mengenakan sabuk pengaman (safety belt) untuk pekerja di ketinggian.
- Menugaskan personil khusus HSE untuk selalu memperhatikan aplikasi K3LM di lapangan.
- Memasang rambu-rambu peringatan pada tempat-tempat tertentu untuk mengingatkan kepada seluruh pekerja maupun orang lain yang berada di sekitar tempat pekerjaan.

2.6.6 Pekerjaan Pembetonan

A. Definisi dan tujuan

Pekerjaan beton pada bangunan *spillway* dapat dilaksanakan setelah pekerjaan treatment grouting selesai dilaksanakan dan disetujui Dierksi.

B. Jenis pekerjaan

Pekerjaan beton ini meliputi:

- Beton mutu K100
- Beton mutu K225
- Besi tulangan beton ulit
- Bekisting tipe ekpose
- Waterstop $w = 320$ mm
- Handrail tepi diniding *spillway*
- Weep hole Type I
- Collector Type II
- Shorcrete $t = 5$ cm dengan tulangan wiremesh
- Dowel Bar d22
- Joint sealent 50 mm

C. Durasi pekerjaan

Tahapan pekerjaan beton

Tahapan berikut menjelaskan mengenai pekerjaan beton bangunan pelimpah:

- Pekerjaan lantai
- Pemasangan pembesian
- Pemasangan bekisting
- Pekerjaan pengecoran
- Pekerjaan curing
- Pembongkaran bekisting

D. Bahan yang digunakan untuk pencampuran beton adalah sebagai berikut:

1. Semen

Semen yang dipakai pada pekerjaan ini harus berkualitas sama dengan semen Portland tipe I sesuai standart SNI 15-2049-2004, JIS R5210 atau yang disarankan ASTM C150.

2. Bahan pencampur (admixture)

a. Bahan pencampur “air entraining” harus dipakai pada semua beton berdasarkan pada ASTM C260 atau yang setara. Bahan pencampur tersebut harus dilarutkan menjadi larutan dengan kandungan zat padat tidak lebih dari 15 % berat larutan dengan Ph stabil dan konstan.

b. Admixture “set retarding” sebuah admixture water reducing harus ditambahkan ke dalam campuran beton yang mengacu pada persyaratan dari ASTM C494 tipe A atau yang setara

c. Bahan pencampur “set retarding” harus sesuai dengan air entraining kemudian dimasukan ke dalam batching plant. Kuantitas bahan pencampur yang dipakai harus sesuai dengan petunjuk yang diberikan Direksi.

3. Agregat

a. Agregat halus adalah agregat dengan partikel maksimum 5 mm. Agregat halus terdiri dari pecahan batuan bersih, keras, padat, tahan lama dan tidak di cat dengan gradasi memadai dan harus bebas kotoran, debu, lempung atau zat organik lain atau material lain yang tidak diperlukan. Kadar

air agregat halus yang di bawa ke batching plant dapat bervariasi tidak lebih dari 1 % dari total air yang ada pada agregat halus dalam waktu 1 jam dan tidak boleh bervariasi melebihi 3 % dalam waktu kerja 1 shift. Agregat halus harus terdiri dari partikel yang bentuknya baik. Partikel yang bentuknya baik adalah partikel yang mempunyai ukuran maksimum tidak lebih besar dari 3 kali ukuran minimum. Tabel 2.2 menjelaskan tentang presentasi standar untuk berat material agregat halus yang lewat pada masing-masing ayakan.

Tabel 2.2 Presentasi Standar untuk Berat Material Agregat Halus

Ukuran Ayakan (mm)	Presentasi standar
10.00	100
5.00	90-100
2.50	80-100
1.20	65-80
0.60	35-65
0.30	10-35
0.15	2-10

Sumber: SNI 7656 – 2012

b. Agregat kasar

Agregat ukuran minimalnya 5 mm dan digradasikan mulai dari 5 mm sampai ukuran terbesar seperti yang diperlukan dalam pekerjaan. Agregat kasar harus bersih, keras, baru, tidak lapuk, berbentuk baik, padat, tidak di cat fragmen batuan yang tahan lama dan bebas dari jumlah partikel zat-zat organik atau material lain yang mengganggu. Tabel 2.3 menjelaskan tentang presentasi standar untuk berat material agregat kasar yang lewat pada masing-masing ayakan.

Tabel 2.3 Presentasi Standar untuk Berat Material Agregat Kasar

Ukuran Ayakan (mm)	Saringan untuk Agregat Kasar (mm)		
	80-60	40-5	20-5
100	100	-	-
80	100-90	-	-
60	70-45	-	-
50	-	100	-
40	15-0	100-95	-
30	-	-	-
25	-	-	100
20	5	70-35	100-90
15	-	-	-
10	-	30-10	55-20
5	-	5-0	10-0
2.5	-	-	5-0

Sumber: SNI 7656 – 2012

c. Air

Air yang digunakan harus bersih, bebas dari lumpur, zat-zat organik, alkali, garam, asam, dan kotoran yang lainnya. Pencampuran beton adalah komposisi beton harus dicampur sepenuhnya dalam ember pengumpul mixer dan untuk sampel beton diambil dari awal hingga akhir dari pelaksanaan pencampuran untuk memenuhi persyaratan JIS A1119. Berikut adalah klasifikasi campuran beton yang dijelaskan Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Klasifikasi Campuran Beton

Kelas	Uraian
A (K300)	Bangunan atas jembatan, <i>blockout concrete</i>
B (K300)	Tidak dipakai
C (K225)	Dinding terowong dan sumbat beton, dinding, dan lantai
D (K175)	Bangunan lainnya
E (K125)	Tidak dipakai
F (K100)	Beton: isi dan lantai kerja, dental work, trotoar

Sumber: SNI 7656 – 2012

2.7 Alat Berat

Pengadaan alat berat merupakan suatu usaha untuk memenuhi kebutuhan aktivitas konstruksi guna membantu meringankan beban usaha dalam melaksanakan aktivitas konstruksi tersebut. Pemilihan jenis alat berat harus sesuai kebutuhan dan perencanaan. Penggunaan alat berat sangat vital perannya guna mendukung dan melancarkan jalannya aktivitas konstruksi secara penuh. Dan itu menjadi alasan, kebutuhan akan ketersediaan peralatan dalam aktivitas sektor konstruksi/ infrastruktur pada akhirnya menjadi suatu kebutuhan. Ada beberapa faktor yang diperhatikan untuk pemilihan penggunaan alat berat, antara lain:

1. Kondisi medan atau karakteristik tanah
2. Karakteristik pekerjaan
3. Teknik pelaksanaan pekerjaan
4. Kapasitas pekerjaan yang dibutuhkan

2.7.1 Sumber Alat Berat

1. Alat Berat yang dibeli oleh Kontraktor
Alat berat yang dimiliki oleh kontraktor yaitu alat berat yang dibeli oleh kontraktor dan kontraktor mendapat keuntungan dari pemakaian alat tersebut dengan biaya per jam oleh pengguna jasa alat.
2. Alat berat yang disewa-beli (*Leasing*) oleh kontraktor
Alat berat sewa-beli (*leasing*) adalah alat berat yang dipaai kontraktor untuk pekerjaan proyek dengan membayar pada perusahaan sewa-eli dengan jangka waktu

yang lama. Dan di akhir masa swa-beli alat berat menjadi milik pihak kontraktor (penyewa). Biaya pemakaian sewa-beli pada umumnya akan lebih tinggi dibandingkan dengan sewa biasa.

3. Alat Berat yang disewa oleh Kontraktor
Alat berat yang disewa oleh kontraktor dengan jangka waktu tertentu dan tidak terlalu lama dengan biaya yang tinggi, karena itu penggunaan alat sewa harus se efisien mungkin.

2.7.2 Pemilihan Alat Berat Sesuai Kebutuhan Lapangan

Dalam pelaksanaan aktivitas konstruksi dibutuhkan tidak hanya tenaga kerja dan material saja namun terlebih dahulu memerlukan perencanaan. Perencanaan tersebut adalah kebutuhan alat berat, alat berat apa yang dibutuhkan, ketika akan digunakan dan untuk berapa lama akan di lokasi, apakah akan melakukan sewa alat berat, dsb.

2.7.3 Produktifitas Alat Berat

Salah satu kunci dalam pemilihan alat berat adalah memperhatikan produktivitas dari alat berat tersebut. Bukan hanya ditinjau dari kehandalan alat, namun keberhasilan alat berat dalam membantu aktivitas konstruksi memang dapat ditentukan oleh beberapa hal. Alat berat merupakan penunjang kebutuhan produksi dimana keberhasilan dan kelancaran aktivitas konstruksi ditunjang dengan adanya kualitas

pemilihan alat berat yang tepat sasaran. Kinerja peralatan yang dibeikan oleh pabrik harus memiliki “Keandalan dan Ketahanan” alat berat selama umur pakai (*Life Time*), sehingga faktor efisiensi peralatan yang digunakan untuk menghitung produktivitas terdiri dari faktor operator, faktor kondisi lapangan yang bervariasi tetap dapat lebih tinggi.

2.7.4 Perhitungan Alat Berat

Memperhitungkan jumlah alat berat yang akan digunakan dalam sebuah pekerjaan konstruksi sama halnya dengan menghitung berapa lama kita menghabiskan aktivitas pekerjaan di lapangan. Karena sifat alat berat adalah jika kita menggunakan alat berat itu secara sewa, kondisi itu harus diperhitungkan dalam hitungan harian bukan lagi mingguan atau bulanan. Jadi ketika sudah ditentukan metode kerja yang dipilih dengan melihat jenis pekerjaannya, maka harus benar dalam menentukan berapa jumlah alat berat yang dibutuhkan. Jangan lebih ataupun kurang karena itu akan mempengaruhi aktivitas di lapangan. Pekerjaan dengan alat berat bukanlah hal yang biasa, artinya waktu sama dengan *cost*, perhitungan yang cermat akan kebutuhan alat berat sangat menentukan proses pekerjaan dari awal hingga akhir.

2.7.5 Jenis Alat Berat Yang Digunakan

Alat berat yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pembangunan bangunan pelimpah samping (spillway) adalah bulldozer, excavator, dump truck, truck mixer, dan concrete pump.

A. Bulldozer, Caterpillar D6K

Bulldozer memiliki kemampuan traksi yang digunakan untuk mendorong, menggosur, mengurug, dsb. Bulldozer mampu beroperasi pada tanah kering hingga lembab, baik untuk segala medan seperti daerah berbukit, berbatu, berhutan, dsb.



Gambar 2.5 Bulldozer

(sumber: Katalog Alat Berat 2013, Kementerian Pekerjaan Umum)

- *Kapasitas produksi :*

$$KP = PMT \times FK$$

KP = *Kapasitas produksi, m³/jam*

PMT = *Produksi maksimum teoritis (efisiensi 100%), m³/jam*

FK = Faktor koreksi

- *Produksi maksimum teoritis :*

$$PMT = KB \times T$$

KB = Kapasitas Blade, m^3

T = Jumlah trip per jam

- *Trip per jam : $T = 60 / Ct$*

Ct = Cycle Time (menit)

- *Cycle Time :*

$$Ct = J/F + J/R + Z$$

J = Jarak kerja (m)

F = Kecepatan maju (m/menit)

R = Kecepatan mundur (m/menit)

Z = Waktu tetap untuk pindah transmisi (menit)

Tabel 2.5 Faktor Efisiensi Kerja

Kondisi Kerja	Efisiensi Kerja
Baik	0.83
Sedang	0.75
Kurang Baik	0.67
Buruk	0.58

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2013

**Tabel 2.6 Produksi persiklus
Produksi persiklus**

Kpasitas munjung	1.8	m ³ (lepas)
Faktor Bucket	1	
Produksi persiklus	1.8	m ³ /jam

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2013

Tabel 2.7 Waktu siklus

Waktu Siklus

Faktor Sudut	0.8	
kecepatan maju	4.64	km/jam
	77.33333	m/menit
kecepatan mundur	4.8	km/jam
	80	m/menit
Waktu Siklus V	0.44	menit

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2013

Tabel 2.8 Produktivitas

Produktivitas

Efisiensi kerja	0.83	mesin baik
Waktu Siklus V	0.44	menit
Produksi persiklus	1.8	m ³ /jam
Produktifitas Loader	203.7273	m ³ /jam

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2013

Kapasitas produksi bulldozer dapat dihitung dengan cara:

Cycle Time: Waktu tetap (Fixed Time) + waktu yang digunakan pada saat menggunakan kecepatan tertentu waktu maju dan waktu mundur $\frac{100 \times 60}{v \text{ (meter)}}$

$$Q = 60/T * BC * JE * LF$$

Keterangan:

T = cycle time, menit

BC = kapasitas blade, m³

JE = Efisiensi kerja

LF = load factor

Jika dijumpai tanah keras, misalnya tanah liat kering atau batuan, maka penggalian dapat dilakukan dengan pisau dozer khusus yang disebut ripper (pembajak). Alat ini pada dasarnya tidak lain seperti bajak yang gigi – giginya terbuat dari baja sedemikian rupa sehingga dapat diberikan tekanan cukup besar untuk dapat masuk ke dalam tanah.

B. Excavator, Volvo EC210B Prime

Excavator adalah alat serbaguna yang dapat digunakan untuk menggali, memuat dan mengangkat material. Konstruksi bagian atas dari alat dimana medan berada, dapat berputar 360° sehingga memungkinkan alat ini dapat bekerja di tempat yang relatif sempit sekalipun.



Gambar 2.6 Excavator

(sumber: Katalog Alat Berat 2013, Kementerian Pekerjaan Umum)

Untuk *cycle time* terdiri dari 4 gerakan dasar:

- *Excavating time (digging time)*
- *Swing time (loaded)*
- *Dumping*
- *Swing time (empty)*

$$\text{Kapasitas produksi: } Q = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{TS_1 \times F_v} \text{ m}^3/\text{jam}$$

Keterangan:

V = kapasitas Bucket; m³

F_b = faktor Bucket,

F_a = faktor efisiensi alat (ambil kondisi kerja paling baik, 0,83),

Tabel 2.9 Faktor bucket

Kondisi operasi	Kondisi lapangan	Faktor bucket (Fb)
Mudah	Tanah biasa, lempung, tanah lembut	1,1 — 1,2
Sedang	Tanah biasa berpasir, kering	1,0 – 1,1
Agak sulit	Tanah biasa berbatu	1,0 – 0,9
sulit	Batu pecah hasil	0,9 – 0,8

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2013

Fv = faktor konversi (kedalaman < 40 %),

Ts = waktu siklus; menit,

T1 = lama menggali, memuat, lain-lain (standar), (maksimum 0,32); menit

T2 = lain-lain (standar), maksimum 0,10; menit.n

TS = waktu siklus,

TS = Waktu siklus, $TS = \sum_{n=1}^n T_n$ menit, 60 adalah perkalian 1 jam ke menit.

Tabel 2.10 Koefisien alat

Kondisi operasi	Koefisien alat
Baik	0,83
Sedang	0,75
Agak Kurang	0,67
Kurang	0,58

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2013

Tabel 2.11 Faktor efisiensi alat

Kondisi operasi	Koefisien alat
Baik	0,83
Sedang	0,75
Agak Kurang	0,67
Kurang	0,58

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2013

Tabel 2.12 Faktor konversi galian (Fv) untuk alat Excavator

Kondisi galian (kedalaman galian / kedalam galian maksimum	Kondisi membuang, menumpahkan (dumping)			
	Mudah	Normal	Cukup sulit	Sulit
< 40%	0,7	0,9	1,1	1,4
(40 – 75) %	0,8	1	1,3	1,6
>75 %	0,9	1,1	1,5	1,8

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2013

Tabel 2.13 Faktor pengembangan tanah (Fk)

Jenis Tanah	Kondisi tanah semula	Kondisi tanah yang akan dikerjakan		
		Asli	Lepas	Padat
Pasir	Asli	1.00	1.11	0.95
	Lepas	0.90	1.00	0.96
	Padat	1.05	1.17	1.00
Tanah liat berpasir / tanah biasa	Asli	1.00	1.25	0.90
	Lepas	0.80	1.00	0.72
	Padat	1.11	1.39	1.00
Tanah liat	Asli	1.00	1.25	0.90
	Lepas	0.70	1.00	0.83
	Padat	1.11	1.39	1.00
Kerikil	Asli	1.00	1.18	1.03
	Lepas	0.88	1.00	0.91
	Padat	0.97	1.09	1.00
Pecahan cadas atau batuan lunak	Asli	1.00	1.42	1.22
	Lepas	0.61	1.00	0.74
	Padat	0.82	1.10	1.00
Pecahan cadas atau batuan keras	Asli	1.00	1.65	1.31
	Lepas	0.59	1.00	0.77
	Padat	0.76	1.35	1.00
Pecahan batu	Asli	1.00	1.75	1.40
	Lepas	0.57	1.00	0.80
	Padat	0.71	1.24	1.00

Sumber: Rochmanhadi, 1985

Tabel 2.14 Waktu gali excavator

Kedalaman Galian	Kondisi Gali (dtk)			
	Ringan	Rata-Rata	Agak Sulit	Sulit
0 m - 2m	6	9	15	26
2m - 4m	7	11	17	28
4m - lebih	8	13	19	30

* waktu gali tergantung pada kedalaman gali dan kondisi galian

Sumber: Rochmanhadi, 1985

Tabel 2.15 Waktu putar excavator

Sudut Putar	Waktu Putar (dtk)
45° : 90°	4 : 7
90° : 180°	5 : 8

*waktu putar tergantung dari sudut putar dan kecepatan putar

Sumber: Rochmanhadi, 1985

Tabel 2.16 Waktu buang excavator

Tempat Buang	Waktu Buang (dtk)
Dumptruck	4 : 8
Tempat Pembuangan	3 : 6

*waktu buang tergantung kondisi pembuangan material

Sumber: Rochmanhadi, 1985

C. Dump Truck, Mitsubishi Fuso FN 527 ML

Dump Truck adalah alat untuk memnagkut (houling) berbagai jenis material, pada jarak tertentu, dari lokasi pemuatan yang biasanya menggunakan Loader atau Excavator, sampai ketempat pembuangan/penimbunan.



Gambar 2.7 Dump Truck

(sumber: Katalog Alat Berat 2013, Kementerian Pekerjaan Umum)

Kapasitas produksi / jam, $Q = q \times N \times E$

Kapasitas produksi / jam, $Q = q \times N \times E$

Cycle Time: $\frac{2 \times s \text{ (jarak angkut km)}}{v \left(\frac{\text{km}}{\text{jam}}\right)} + \text{Fixed Time}$

Keterangan:

Q = Produksi Alat Berat

q = Kapasitas Bucket

N = Laluan = $60/(\text{cycle time})$

E = Efisiensi

Tabel 2.17 Faktor efisiensi alat Dump truck

Kondisi kerja	Koefisien kerja
Baik	0,83
Sedang	0,8
Kurang Baik	0,75
Buruk	0,7

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2013

Tabel 2.18 Kecepatan dump truck dan kondisi lapangan

Kondisi lapangan	Kondisi beban	(Kecepatan*), v, km/h
Datar	isi	40
	kosong	60
Menanjak	isi	20
	kosong	40
Menurun	isi	20
	kosong	40

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2013

Tabel 2.19 Waktu bunag dump truck

Kondisi operasi kerja	t ₁ (menit)
- Baik	0.1 : 0.2
- Sedang	0.25 : 0.35
- Kurang	0.4 : 0.5

Sumber: Rochmanhadi, 1985

Tabel 2.20 Waktu pengisian dump truck

Kondisi operasi kerja	t ₂ (menit)
- Baik	0.1 : 0.2
- Sedang	0.25 : 0.35
- Kurang	0.4 : 0.5

Sumber: Rochmanhadi, 1985

D. Batching Plant, EBC D 30

Batching Plant adalah alat untuk membuat concrete atau beton yang penting dalam dunia konstruksi sebagai bahan pokok dalam pekerjaan struktur. Beton adalah campuran dari semen agregat dan air serta aditif. Batching Plant memproduksi beton secara massal dan kualitas yang sangat tinggi serta keseragaman dalam mutu beton. Pemilihan batching plant yang tepat adalah suatu langkah kunci dalam pencapaian target tersebut. Di Indonesia dikenal ada dua jenis batching plant, Jenis pertama wet system adalah batching yang memproses sehingga menjadi fresh concrete yang siap dipakai dan fungsi dari truck pengangkut hanya menjaga homogenitas sampai tempat pengecoran. Jenis kedua dry mix system adalah merupakan timbangan material atau agregat, semen, air, aditif yang output nya siap di tuang ke truck mixer, dan proses pengadukan beton dilakukan dalam truck mixer dengan memutar drum mixer pada kecepatan tinggi, kemudian beton siap dikirim ketempat pengecoran.



Gambar 2.8 Batching Plant

(sumber: Katalog Alat Berat 2013, Kementerian Pekerjaan Umum)

Tabel 2.21 Faktor Efisiensi alat/kerja

Kondisi operasi	Koefisien alat
Baik	0,83
Sedang	0,75
Agak Kurang	0,67
Kurang	0,58

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2013

Berikut rumus produktifitas batching plant:

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{1000 \times T_s} ; m^3$$

Keterangan:

V= kapasitas produksi mixer; (300 – 600); Liter

Fa= faktor efisiensi alat

T1= lama waktu mengisi; (0,40 – 0,60); menit,

T2= lama waktu mengaduk (0,40 – 0,60); menit,
 T3= lama waktu menuang; (0,20 – 0,30); menit,
 T4= lama waktu menunggu dll. (0,20 – 0,30); menit,
 TS= waktu siklus pencampuran, ; menit
 60= perkalian 1 jam ke menit, 1000 adalah perkalian dari satuan km ke meter.

E. Truck Mixer, Hino Dutro 130 HD Mixer

Alat untuk mengangkut beton *ready mix* pada jarak tertentu dari *batching plant* sampai ketempat pengecoran berfungsi sebagai *agitator*. Akan tetapi *truck mixer* juga dapat digunakan untuk *mixing*, bila pengisiannya menggunakan *batching plant type dry*. Pada saat pengisian, mixer harus di putar dengan kecepatan antara 10 - 18 Rpm dengan waktu antara 5 menit, kemudian mixer berfungsi sebagai *agitator*, sampai ketempat pengecoran.



Gambar 2.9 Truck Mixer

(sumber: Katalog Alat Berat 2013, Kementerian Pekerjaan Umum)

Kapasitas produksi truck mixer dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{1000 \times T_s}$$

Keterangan:

V= kapasitas tangki pencampur;

Fa= faktor efisiensi alat; diambil 0,83 (kondisi kerja baik)

v1= kecepatan rata-rata isi; (15 – 25); km / jam

v2= kecepatan rata-rata kosong; (25 – 35); km / jam

T1= lama waktu mengisi; diambil 0,50 menit; menit

T2= lama waktu mencampur, diambil 1,00 menit; menit

T3= lama waktu menumpahkan; diambil 0,30 menit; menit

T4= lama waktu menunggu dll; diambil 0,2 menit; menit

TS= waktu siklus pencampuran; menit 60 adalah perkalian 1 jam ke menit

F. Concrete Pump, Volvo Putmeister BSA 2109D

Concrete Pump (Pompa Beton) adalah alat untuk memindahkan concrete pada saat proses pengecoran concrete (beton). Proses dilakukan dengan cara memompa dengan piston hidrolik secara bergantian. Beton yang akan dipompa harus memenuhi kekentalan atau slump tertentu dan diameter aggregate tertentu yang disyaratkan dalam spesifikasi Pompa Beton.



Gambar 2.10 Concrete Pump

(sumber: Katalog Alat Berat 2013, Kementerian Pekerjaan Umum)

G. Drilling Machine, Komatsu 285 XPC

Drilling machine digunakan untuk mengebor permukaan tanah keras/ sulit dijangkau oleh kemampuan batas manusia, digunakan sebagai untuk menyiapkan lubang yang akan di *grout* permukaannya.



Gambar 2.11 Drilling machine
(*sumber: Google*)

H. Grout Pump, Marmotta MP 13

Grout pump digunakan untuk menyalurkan material grouting ke dalam tanah/ daerah yang akan di *grout*.



Gambar 2.12 Grout pump
(*sumber: Google*)

I. Grout Mixer, Colmixer CP 500

Grout mixer digunakan sebagai alat pencampur material grouting yang akan di injeksikan ke dalam tanah/ daerah yang akan di *grout*.



Gambar 2.13 Grout mixer
(*sumber: Google*)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Umum

Pembangunan side spillway Bendungan Gondang Karanganyar berfungsi untuk mengalirkan debit banjir yang masuk ke dalam waduk agar tidak membahayakan keamanan bendungan terhadap patahan pondasi bendungan dan gerusan di hilir. Bangunan pelimpah juga mempunyai fungsi untuk mengatur elevasi muka air yang berada di hulu yang telah direncanakan sehingga tidak akan melampaui batas maksimum debit banjir rencana. Bangunan pelimpah sangat dibutuhkan untuk mengalirkan debit banjir yang sudah melebihi ambang batas maximum volume kapasitas waduk. Pada bendungan urugan, material untuk bangunan pelimpah harus terbuat dari beton dengan penempatan lokasi yang mempunyai struktur daya dukung yang kuat, dengan kemiringan yang curam, jarak dengan sungai yang pendek sehingga aliran downstream yang mengarah ke saluran peluncur dan saluran pelepas tidak terlalu panjang untuk dialirkan ke sungai. Sangat tidak diperkenankan untuk menempatkan pelimpah pada daerah timbunan bendungan.

3.2 Persiapan

Lokasi proyek Bendungan Gondang Karanganyar terletak di Desa Gondang yang akan membendung Sungai Garuda. Data yang diperlukan pada metode pelaksanaan ini, antara lain data pekerjaan serta alat berat yang diperlukan, RAB (Rencana Anggaran Biaya) dan kurva S.

3.3 Studi Literatur

Mempelajari materi-materi penunjang untuk penyelesaian proyek akhir, berupa:

- i. Manajemen pelaksanaan pekerjaan proyek.
- ii. Metode pelaksanaan pekerjaan bangunan pelimpah.
- iii. Mempelajari buku-buku pustaka, jurnal, studi penelitian terdahulu, maupun peraturan-peraturan yang dapat digunakan untuk metode pelaksanaan bangunan pelimpah (*spillway*) meliputi:
 1. Pedoman Pengawasan Penyelenggaraan Pekerjaan Konstruksi; Peraturan Menteri PU Nomor: 06/PRT/M/2008 Tanggal: 27 Juni 2008.
 2. Bendungan Tipe Urugan, (Suyono Sosrodarsono).
 3. Metode Kerja Bangunan Sipil (Amien Sajekti).
 4. Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi (Susy Fatena Rostiyanti)

3.4 Pengumpulan Data

Data-data yang terkait dalam pembangunan proyek Bendungan Gondang Karanganyar berupa peta lokasi, data perencanaan yang ditunjang dengan survey lokasi proyek. Antara lain:

- a. Data Teknis Bangunan Pelimpah.
- b. Gambar Teknis Bangunan Pelimpah.
- c. Shcedule Pembangunan Bangunan Pelimpah.
- d. Jenis Pekerjaan Bangunan Pelimpah.

3.5 Analisa Pekerjaan

Adapun tahapan pekerjaan pada proyek ini adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan Persiapan
Pekerjaan persiapan meliputi 2 (dua) jenis pekerjaan, yaitu: mobilisasi dan demobilisasi. Yang bertujuan untuk memudahkan proses pekerjaan setelahnya.
2. Pekerjaan Surveying/ pemetaan
Pekerjaan pemetaan menggunakan 2 (dua) alat pengukuran, yaitu: GPS Geodetik dan Total Station yang berguna dan bertujuan untuk menentukan titik koordinat.
3. Pekerjaan *Cleraring*, *grubbing* dan *stripping*
Pekerjaan yang bertujuan untuk mempermudah pekerjaan setelahnya akibat ada semak belukar, pepohonan dan tumbuhan yang akan mengganggu jalannya aktifitas pekerjaan.
4. Pekerjaan Galian
Pekerjaan ini merupakan aktifitas penggalian tanah ataupun material lainnya seperti tanah, batuan lapuk ataupun batuan guna mempermudah proses pembangunan bangunan pelimpah (*spillway*).
 - a. Pekerjaan galian tanah
 - b. Pekerjaan galian batu keras
5. Pekerjaan Grouting
Pekerjaan ini adalah aktifitas guna mengantisipasi adanya rembesan dan tekanan air yang berada di sekitaran bangunan khususnya di dalam tanah. Jenis pekerjaan grouting antara lain:
 - a. Consolidation Grouting
 - b. Curtain Grouting
 - c. Blanket Grouting

6. Pekerjaan Pembetonan

Pekerjaan pembetonan meliputi pembetonan badan bangunan pelimpah dari saluran peluncur hingga peredam energi dengan kekuatan mutu beton K100 dan K225. Lalu adapun pekerjaan lainnya adalah pekerjaan shotcrete, pekerjaan pasangan batu dan pekerjaan plesteran.

3.6 Bagan Alir



Bagan 1. Metodologi Tugas Akhir Terapan

3.7 Kebutuhan Data

Menganalisa data-data yang digunakan dalam pembuatan dokumen untuk merencanakan pembangunan bangunan pelimpah (*spillway*) Bendungan Gondang Karanganyar.

3.8 Ketersediaan Data

Data yang tersedia pada pelaksanaan pekerjaan bangunan pelimpah terlampir pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Ketersediaan Data Tugas Akhir Terapan

No.	Data	Ada	Belum Ada	Keterangan
1	Data Teknis Bangunan Pelimpah	√		Diolah dari data konsultan dan kontraktor
2	Gambar Teknis Bangunan Pelimpah	√		Hanya potongan melintang dan memanjang dan detail-detail nya
3	Shcedule Pembangunan Bangunan Pelimpah	√		Hanya terdapat kurva S saja
4	Jenis Pekerjaan Bangunan Pelimpah	√		Didapat dari dokumen metode pelaksanaan kontraktor

3.9 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir Terapan

Pada pengerjaan tugas akhir terapan ini perlu adanya jadwal pengerjaan untuk mempermudah pembacaan jadwal pekerjaan dan terlampir pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir Terapan

No.	Kegiatan	Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni			
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Persiapan																												
2	Pembuatan Proposal Tugas Akhir Terapan																												
3	Selesai Proposal Tugas Akhir Terapan																												
4	Survey Lokasi																												
5	Pengumpulan Data																												
6	Analisa Data																												
7	Pembahasan Tugas Akhir Terapan																												
8	Persiapan Tugas Akhir Terapan																												
9	Persiapan Tugas Akhir Terapan																												
10	Sidang Tugas Akhir Terapan																												

Sumber: Data Pribadi

3.10 Hasil

Hasil berupa Tahapan Metode Pelaksanaan anatara lain:

1. Tahapan dari masing-masing item pekerjaan.
2. Gambar tahapan item pekerjaan.
3. Analisa produktifitas dan kebutuhan alat berat

3.11 Kesimpulan

Dari penjelasan tersebut diketahui metode pelaksanaan yang tepat dan efisien dalam membangun bangunan pelimpah samping (*spillway*) Bendungan Gondang di Desa Gempolan Kecamatan Kerjo Kabupaten Karanganyar Provinsi Jawa Tengah.

BAB 4

METODE PELAKSANAAN

4.1 Pekerjaan Persiapan

4.1.1 Mobilisasi dan Demobilisasi

Pelaksanaan mobilisasi peralatan dilaksanakan secara bertahap berdasarkan urutan dalam penggunaan peralatan yang akan dipakai dalam proses pelaksanaan pekerjaan. Mobilisasi pekerjaan ini terdapat tiga macam yaitu: mobilisasi peralatan, material dan tenaga kerja. Mobilisasi peralatan berkaitan dengan peralatan mekanik seperti excavator, bulldozer, dump truck, concrete mixer, concrete pump, dll. Sedangkan mobilisasi material adalah material yang akan digunakan dan material yang berkaitan selama pekerjaan berlangsung. Sedangkan mobilisasi tenaga kerja adalah para personil yang terlibat didalam pekerjaan mulai dari tenaga kerja ahli sampai tenaga kerja tak terampil. Jumlah dan jenis peralatan yang akan demobilisasi sesuai dengan kebutuhan pekerjaan di lapangan, peralatan-peralatan tersebut akan demobilisasi ke setiap lokasi pekerjaan yang memerlukannya dan jika pekerjaan sudah selesai akan di kembalikan (demobilisasi).

A. Metode pelaksanaan mobilisasi dan demobilisasi

- a. Mobilisasi adalah mendatangkan tenaga kerja, peralatan, dan material yang akan digunakan dalam pekerjaan

ke lokasi pekerjaan. Sedangkan demobilisasi adalah mengembalikan tenaga kerja, peralatan, dan material pada keadaan yang diinginkan sesuai dengan gambar kerja.

- b. Mobilisasi dilakukan pada minggu awal jadwal pekerjaan selama seminggu sedangkan demobilisasi dilaksanakan pada minggu akhir selama seminggu.
- c. Pemberitahuan dan permintaan persetujuan terhadap jenis/ kapasitas alat berat yang akan digunakan kepada konsultan pengawas lapangan oleh kontraktor.
- d. Sebelum dilakukan mobilisasi, kontraktor harus memberitahukan dan meminta persetujuan terhadap jenis / kapasitas alat berat yang akan digunakan kepada konsultan pengawas lapangan.
- e. Segala resiko yang diakibatkan oleh pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi menjadi tanggung jawab kontraktor.

4.1.2 Pemasangan Bowplank

Bowplank (papan duga) atau patok kayu sementara yang dibuat untuk menentukan atau menjadi lokasi titik-titik As bangunan yang biasa dibuat dengan papan dan dipaku yang ditentukan sesuai dengan gambar denah yang telah dibuat dipasang pada patok-patok di sekeliling rencana bangunan. Berfungsi untuk mengukur tinggi duga lantai dari bangunan untuk menentukan lebar galian pondasi dan

untuk menentukan bangunan. Pemasangan bowplank berfungsi sebagai kerangka kerja untuk bentuk konstruksi serta sebagai pedoman elevasi pada pekerjaan yang akan membantu memudahkan jalannya pelaksanaan pekerjaan secara keseluruhan.

A. Metode pelaksanaan pekerjaan bowplank:

- a. Persiapkan papan *bowplank* berukuran 2/20 dengan sisi bagian atas harus rata dan lurus.
- b. Persiapkan patok dari usuk 5/7 yang berfungsi sebagai tempat untuk memasang papan *bowplank*.
- c. Menentukan as bangunan.
- d. Pasang patok pada kedua sisi terluar bangunan sebagai panduan untuk menarik benang dan benang ini sebagai as bangunan.
- e. Tarik benang dari kedua patok tersebut setelah memeriksa kedudukan mendatarnya pada kedua patok tersebut.
- f. Pasang patok tegak lurus terhadap patok pertama dan tarik benang sambil kontrol siku dengan alat siku atau metode Pythagoras sehingga didapat tarikan benang untuk as bangunan.
- g. Tempatkan papan *bowplank* untuk menghubungkan kedua patok tersebut dengan atau menambah patok sesuai dengan kebutuhan rencana pondasi dengan jarak 1,5 m dari bangunan.

- h. Tempatkan patok-patok pada sisi bangunan yang lain dan harus tegak lurus pada sisi bangunan yang telah dipasang papan bowplank sebelumnya.
- i. Apabila bangunan berbentuk persegi maka pemeriksaan dapat dilakukan dengan mengukur panjang diagonal antara patok.
- j. Pasang papan penduga untuk menghubungkan semua patok-patok dan periksa kedudukan datarnya.
- k. Selanjutnya mengukur as bangunan pada papan bowplank dengan memberi tanda panah dan ukuran pondasi sesuai dengan ukuran yang telah direncanakan kemudian diberi paku.
- l. Untuk rencana bangunan yang memiliki variasi tinggi lantai dapat dilakukan dengan memodifikasi dari sistem bowplank utama.

4.2 Pekerjaan Surveying/ pemetaan

4.2.1 Pengukuran BM Utama Menggunakan GPS Geodetic

- A. Langkah-langkah menggunakan GPS Geodetic adalah:
- a. Pastikan alat yang digunakan lengkap meliputi:
 - Base station: epoch receiver, recon data collector, kabel antenna receiver.
 - Rover: epoch gps receiver, recon data collector, tripod tribach, kabel recon epoch, gps geodetic.
 - b. Cari lokasi pengukuran dengan gps geodetic. Apabila lokasi yang diukur tidak memungkinkan (misal rumah penduduk, jalan raya, dll) saat survey dapat menggeser lokasi pengukuran dengan mencatat selisih jarak antara grid asli dengan jarak sesungguhnya sebagai koreksi data.
 - c. Pasang tripod pada permukaan datar kemudian lakukan levelling di atas titik BM Bendungan Gondang
 - d. Pasang tribach dan epoch GPS, lalu kunci
 - e. Pasang recon data collector dibawah epoch receiver dengan menggunakan pengunci recon agar terlindungi dari sinar matahari.
 - f. Pasang kabel penghubung dengan epoch, pastikan level water tidak berubah.
 - g. Ukur ketinggian dari dasar tanah ke epoch GPS receiver lalu catat.

1. Proses pencarian titik koordinat as Bendungan Gondang
Titik BM Utama Bendungan Gondang terletak di Jl. Kecamatan Kerjo Titik BM Utama berjarak sekitar 1 km dari lokasi proyek pembangunan Bendungan Gondang dengan koordinat $X = 507385.161$ dan $Y = 9164579.817$.



Gambar 4.1 Lokasi titik BM
(Sumber: Google Earth)

2. Membuat titik BM bantu dengan menggunakan GPS Geodetic
Surveyor melakukan pengukuran dari titik BM Utama menuju lokasi proyek yang akan ditinjau. Untuk mempermudah pengukuran surveyor melakukan pembuatan titik bantu BM yaitu DM1 sejarak 1 km dengan menggunakan GPS Geodetic. Sehingga diketahui BM Utama dan BM DM1 untuk menentukan penandaan di lapangan, pada tabel 4.1. Hal tersebut dilakukan untuk mengantisipasi kesalahan pada saat penembakan titik, sehingga penembakan tidak perlu dilakukan sejak awal.



Gambar 4.2 GPS Geodetic
(Sumber: Google)

Tabel 4.1 Patok Koordinat As Main Dam

Patok / Titik	Koordinat Titik UTM		
	X	Y	Z
DM2	508924.184	9163657.591	+541.249
DM1	508457.245	9163367.057	+523.361



Gambar 4.3 Lokasi patok DM1 dan DM2
(Sumber: Google Earth)

- B. Cara pengukuran menggunakan GPS Geodetic:
- a. Nyalakan epoch GPS dengan menekan tombol power pada recon.
 - b. Atur waktu pada layer home.
 - c. Klik file genius yang ada pada menu utama.
 - d. Untuk memulai project baru, tulis nama project yang akan dilakukan dengan cara mengklik new project selama 2x.
 - e. Lakukan setting project, dengan mengklik unit and scale dan mengubah distance unit ke meters (m) dan angle unit ke degrees, ubah scale factor menjadi 0,999600.
 - f. Klik koordinat sistem untuk membuat zona baru, dengan mengklik add predefin dan ubah zona di tempat berada project (karanganyar) menjadi UTM 49S (jawa tengah). Lalu klik elevasi sebagai sistem vertical, klik OK.
 - g. Lalu select instrument, klik gps reference lalu klik model connection dan sambungkan ke Bluetooth base di BM.
 - h. Klik *non point* dan start reference pada layer, ubah ketinggian antenna di rover dengan mengklik antenna.
 - i. Set position dan beri nama Base 1, klik start point dan sambungkan dengan mengklik connect.
 - j. Klik connect di controller dan ubah ke GPS rover, klik edit dan pilih model and communication, lalu sambungkan dengan rover dengan cara klik Bluetooth receive list.
 - k. Mulai proses pengambilan data dengan menekan tombol RTK field di layar, lalu

ubah nama deskripsi dengan menekan description, selanjutnya klik store point penanda bahwa kita telah menembak titik tersebut.

- l. Pembawa rover pindah ke titik lokasi selanjutnya, lalu klik store point untuk menamai titik selanjutnya
- m. Begitupun seterusnya hingga pada titik terakhir.
- n. Setelah semua titik telah tertembak, klik tombol REC pada receiver (base) untuk menyimpan data yang telah dicari.
- o. Matikan rover, base dan controller dengan mengklik tombol off.
- p. Lakukan pengolahan data dengan mentransfer data yang ada di controller ke computer

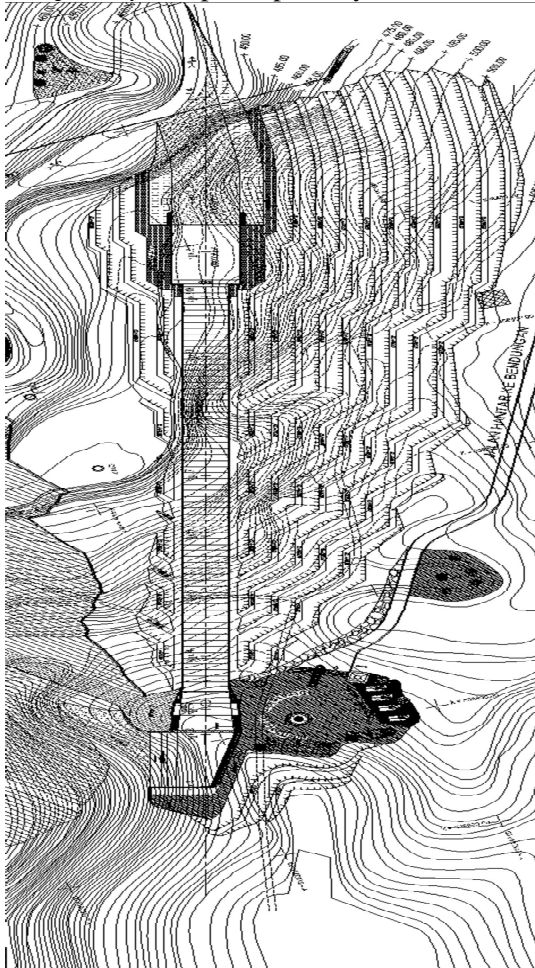
4.2.2 Pengukuran BM Spillway Menggunakan Total Station

- A. Dalam pembuatan BM Spillway, perlu menggunakan program bantu Autocad, setelah surveying menggunakan GPS Geodetic, surveyor mengetahui titik SPL 1 sesuai dengan yang digunakan untuk tempat berdirinya alat GPS Geodetic. Surveyor melanjutkan surveynya menggunakan, alat total station. Diketahui Koordinat BM *Spillway*:

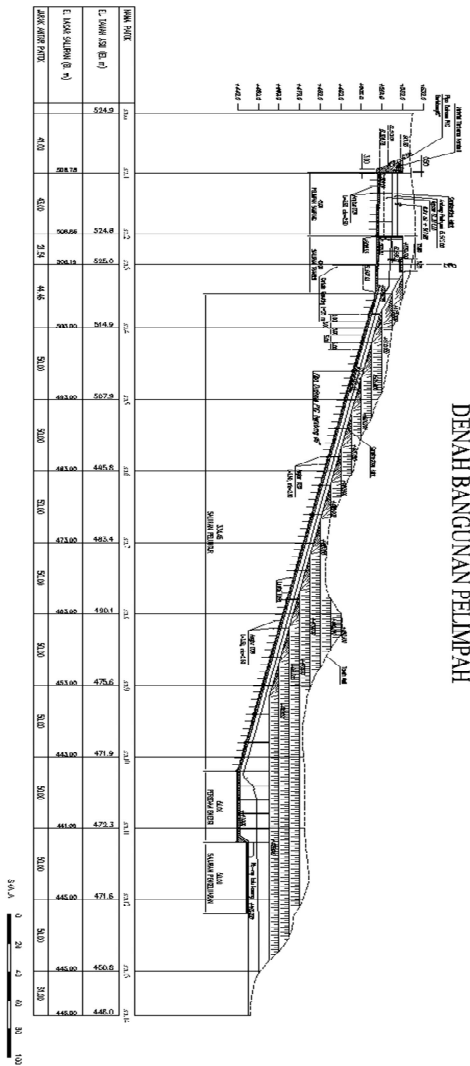
Tabel 4.2 Koordinat BM Spillway

Patok / Titik	Koordinat Titik UTM		
	X	Y	Z
SPL 1	508900.105	9163799.963	+520.210
SPL 6	508172.581	9164017.181	+465.439

- B. Dalam program Autocad tersebut, buka gambar teknik denah bangunan pelimpah bendungan gondang, kemudian tampilkan layer BM *Spillway* dan patok patoknya.



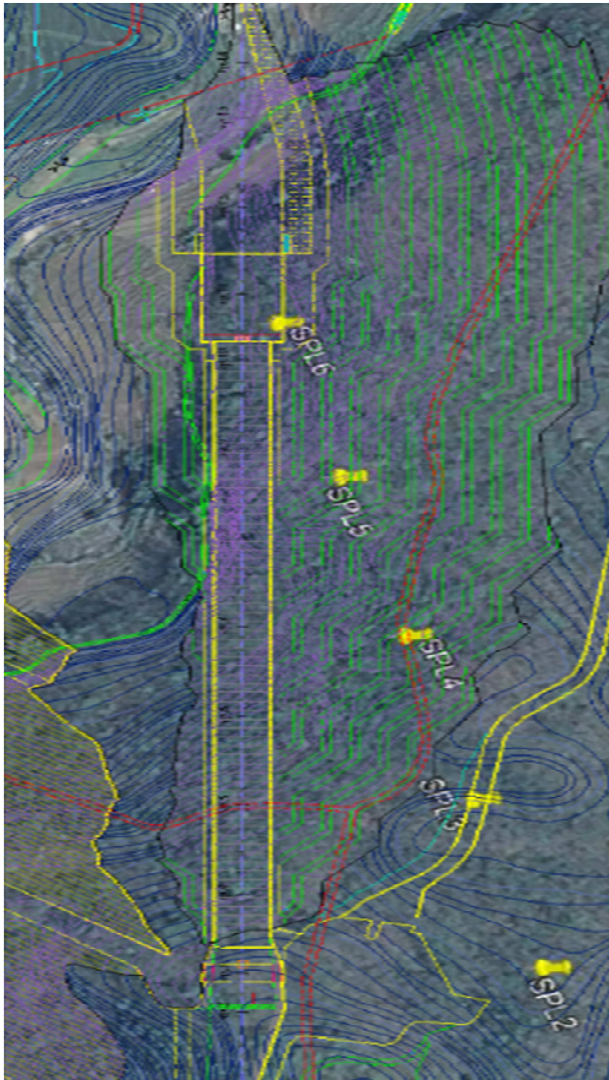
Gambar 4.4 Denah Spillway Bendungan Gondang
 (Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)



Gambar 4.5 Potongan Memanjang Spillway Bendungan Gondang
(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)



Gambar 4.6 Peta Topografi Bendungan Gondang
(Sumber: Google Earth)



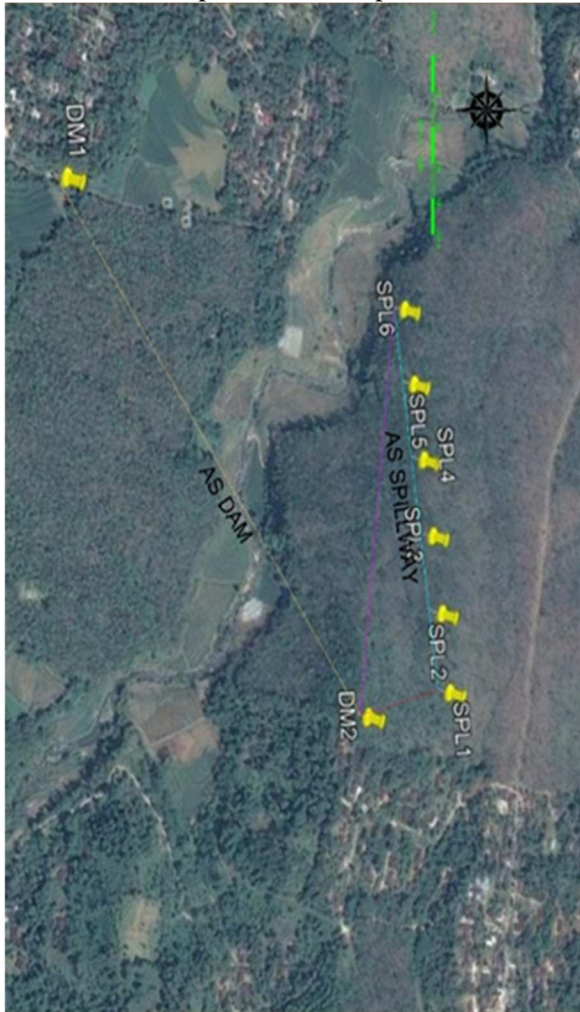
Gambar 4.7 Peta Topografi Bendungan Gondang dan Rencana Bangunan Pelimpah
(Sumber: Google Earth)

C. Gambar garis DM1 ke DM2



Gambar 4.8 Gambar garis DM1 – DM2 (garis warna kuning)
(Sumber: Google Earth)

D. Setelah itu gambar garis yang menghubungkan antara titik patok DM2 ke patok SPL1



Gambar 4.9 Gambar garis DM2 – SPL1 (garis warna merah)

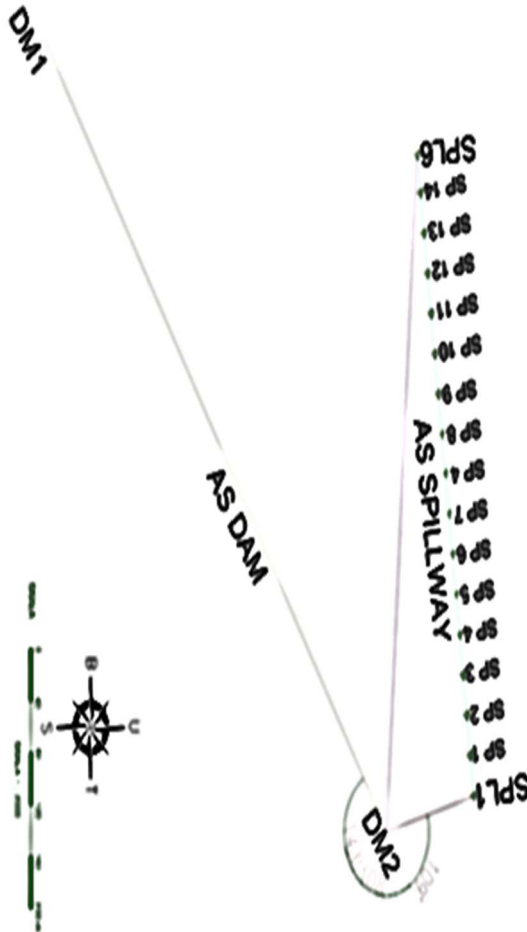
(Sumber: Google Earth)

- E. Gambar juga garis yang menghubungkan antara titik DM2 ke patok SPL6



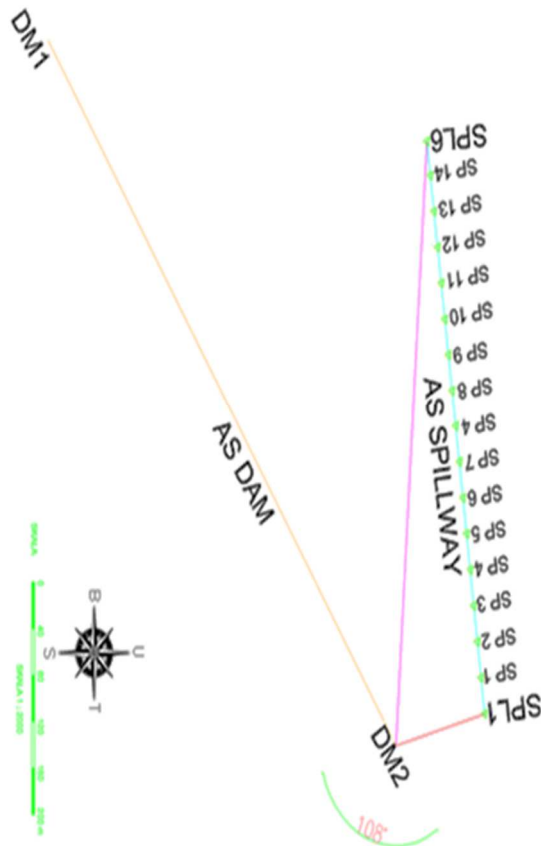
Gambar 4.10 Gambar garis DM2 – SPL6 (garis warna ungu)
(Sumber: Google Earth)

- F. Ukur sudut antara garis DM2 – SPL1 dengan garis DM2 – Patok SPL6



Gambar 4.11 Sudut antara garis DM2 – SPL1 dengan garis DM2 – Patok SPL2
(Sumber: Google Earth)

- G. Lakukan pengukuran untuk masing-masing garis DM2 – SPL1 dan DM2 – SPL6, pengukuran sudut harus searah jarum jam dikarenakan pengukuran sudut di alat *Total Station* searah jarum jam



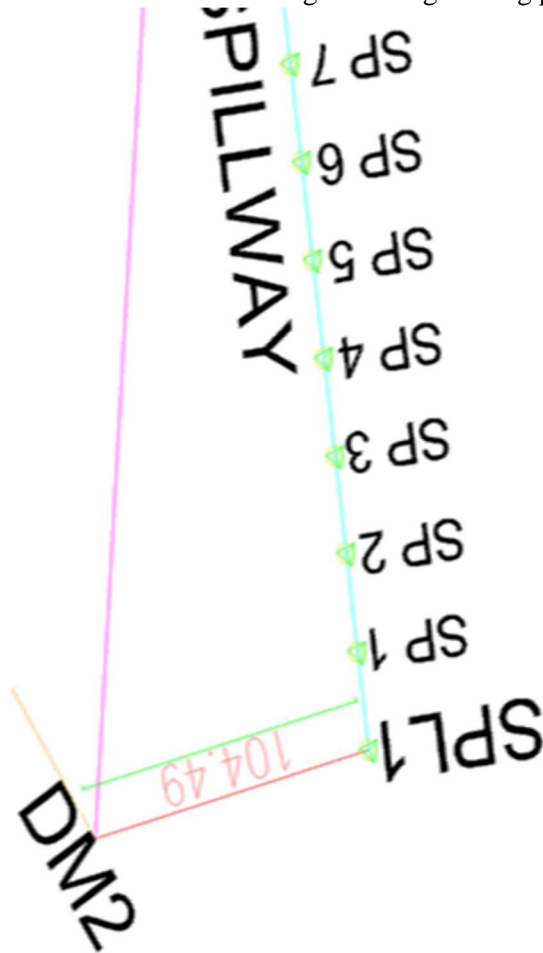
Gambar 4.12 Pengukuran sudut mengikuti arah jarum jam (garis kuning ke garis merah)
(Sumber: Data Pribadi)

- H. Pengukuran sudut menggunakan satuan deg/min/sec. Hal ini dikarenakan sistem pengaturan sudut pada *Total Station* menggunakan satuan yang sama



Gambar 4.13 Satuan sudut dalam deg/min/sec
(Sumber: Data Pribadi)

- I. Ukur dan catat pula Panjang garis penghubung antara titik DM2 dengan masing-masing patok



**Gambar 4.14 Jarak antara DM2 dengan patok
SPL1**

(Sumber: Data Pribadi)

- J. Setelah mengukur sudut dan jarak, masukkan data yang ada pada program Microsoft Excel, berikut daftar sudut dan jarak DM2 ke patok As *Spillway*

Tabel 4.3 Daftar sudut dan jarak DM2 ke patok BM Spillway

Titik berdirinya alat	Titik yang dituju	Sudut			Jarak
		deg	min	sec	
DM 2	DM 1	107	30	44	1460,70
DM 2	SPL 1	109	17	1	104,49
DM 2	SPL 6	70	42	59	929,88

- K. Pada saat di lapangan, tempatkan alat *Total Station* diatas DM2. Letakkan yaloon di atas patok DM1



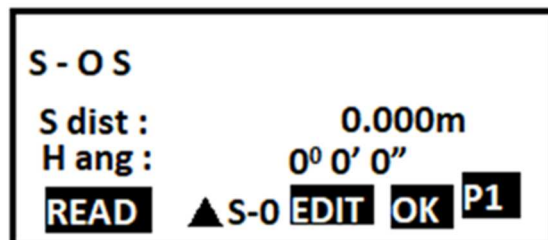
Gambar 4.15 Alat berdiri diatas patok DM 2, yaloon berdiri diatas DM 1
(Sumber: Google)

- L. Arahkan titik bidik lensa alat *Total Station* ke kaca prisma yaloon yang berada di atas DM1



Gambar 4.16 Bidikkan lensa ke arah prisma yaloon
(Sumber: Google)

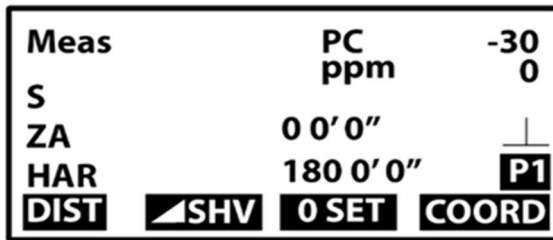
- M. Atur agar sudut horizontal yang tampil menjadi $0^{\circ}0'0''$ dengan cara pilih menu OSET pada tampilan menu MEAS, lalu pilih STN, ORIENTATION, tekan ENTER
- N. Pilih H. ANGLE, tekan EDIT, lalu ubah angkanya menjadi $0^{\circ}0'0''$. Setelah itu tekan ENTER



Gambar 4.17 Tampilan menu OSET untuk mengatur sudut

(Sumber: Modul Pemetaan 1 dan 2)

O. Kembalikan tampilan ke menu MEAS



Gambar 4.18 Tampilan menu MEAS

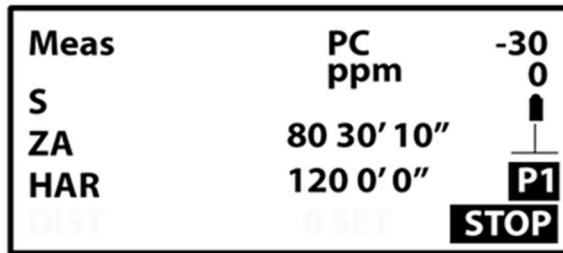
(Sumber: Modul Pemetaan 1 dan 2)

P. Putar lensa dengan memperhatikan sudut yang tertera di layer (tertera dengan tulisan “HAR”)



Gambar 4.19 Arahkan lensa hingga sudut sesuai dengan daftar sudut

(Sumber: Data Pribadi)



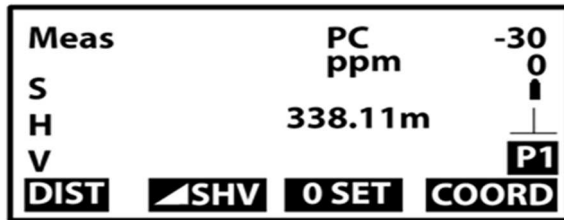
Gambar 4.20 Tampilan sudut horizontal pada alat
(Sumber: Modul Pemetaan 1 dan 2)

- Q. Kembali pada menu MEAS, tekan SHV.
- R. Arahkan surveyor pemegang yaloon maju lurus mengikuti bidik lensa.
- S. Surveyor pembantu mencoba-coba jarak yang benar dengan meletakkan yaloon dan memberitahu surveyor utama untuk pengukuran jarak



Gambar 4.21 Mengecek jarak agar sesuai dengan daftar jarak
(Sumber: Data Pribadi)

- T. Pada menu SHV, pantau terus tampilan H, dikarenakan jarak yang tampil adalah jarak horizontal antara alat dan yaloon
- U. Perhatikan tampilan jarak pada layar *Total Station*. Apabila percobaan jarak sudah sesuai dengan catatan, surveyor pemegang yaloon dapat menandai tempat berdirinya yaloon tersebut sebagai patok as *spillway*



Gambar 4.22 Jarak horizontal pada menu SHV
 (Sumber: Modul Pemetaan 1 dan 2)

- V. Lanjutkan langkah-langkah tersebut ke titik-titik yang lain hingga terbentuk as *spillway*
- W. Setelah terbentuk as *Spillway*, kemudian surveyor pembantu menentukan tiap SP di *spillway* dengan cara mengukur titik dari SPL1 sejarak 630 m kearah SPL6 untuk menentukan SP1
- X. Lanjutkan untuk SP berikutnya dengan jarak yang sama 50 m hingga SP 14

4.2.3 Pengukuran As Spillway Menggunakan Total Station

- A. Pemasangan patok (*Bench Mark*) pada rencana As *Spillway*.
- Pengukuran dengan alat *Total Station*. Dimulai pengambilan elevasi dari BM awal, dipindahkan secara bertahap/ berurutan dengan alat bak ukur dan patok-patok pembantu.

Tabel 4.4 Koordinat UTM BM Spillway

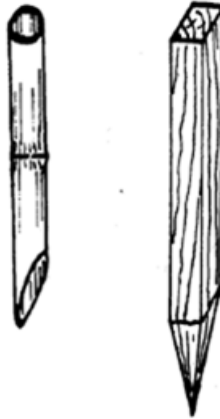
Kode	X	Y
SPL1	508900.1059	9163799.963
SPL2	508799.905	9163799.982
SPL3	508700.0105	9163800.000
SPL4	508600.1159	9163800.018
SPL5	508499.915	9163800.036

- Demikian seterusnya setiap jarak/STA 50 m sampai dengan lokasi proyek



Gambar 4.23 Tampak As Spillway pada rencana Spillway

- Pada lokasi proyek untuk titik BM kedua setelah dari BM awal diukur ulang menuju ke BM awal melalui bantuan-bantuan patok yang telah ada.
- Patok kayu ukuran 5 x 7 x 60 cm dipasang setiap ± 100 m pada jalur poligon.



Gambar 4.24 Patok kayu

- Patok beton ukuran 10 x 10 x 80 cm dipasang ± 500 m pada jalur poligon dan Patok BM (*Bench Mark*) ukuran 20x20x80cm dipasang kanan/kiri rencana as *spillway* dan lokasi sekitar daerah genangan.
- Patok beton ditanam ± 60 cm atau sampai kuat, sehingga tidak mudah dicabut/mengalami perubahan akibat tekanan, gerakan dan sebagainya.



Gambar 4.25 Patok beton

- Lokasi penempatan untuk semua patok-patok tersebut harus aman, pada struktur tanah stabil dan keras serta mudah untuk dicari kembali.
- Semua patok beton dan kayu harus dicat biru dan diberi nomor patok yang jelas beserta koordinatnya.

B. Pengukuran Polygon

- Pengukuran polygon sebagai kerangka dasar pemetaan, harus diikatkan terhadap minimal 2 (dua) bench mark yang telah diketahui koordinat dan elevasinya.

Tabel 4.5 Patok koordinat BM Spillway

Patok / Titik	Koordinat Titik UTM		
	X	Y	Z
SPL 1	508900.105	9163799.963	+520.210
SPL 6	508172.581	9164017.181	+465.439

- Pengamatan sudut harus dilaksanakan secara 2 (dua) seri/ganda dengan ketelitian $< 10''$ (sepuluh detik).

C. Pengukuran Leveling

- Pengukuran leveling harus diikatkan pada minimal 2 (dua) bench mark yang telah diketahui elevasinya dan harus melalui titik-titik polygon.
- Metode pengukuran leveling digunakan cara pulang pergi apabila di lapangan hanya ada 1 (satu) bench mark, maka pengukuran harus dilakukan secara close circuit.
- Pembacaan rambu harus dilakukan dengan pembacaan tiga benang lengkap (benang atas, benang tengah, benang bawah) sebagai kontrol $2BT = BA + BB$.
- Kesalahan penutup dari pengukuran pulang pergi tidak boleh melebihi $8\sqrt{L}$ mm (L =jumlah jarak dalam km).

D. Pengukuran Potongan Memanjang dan Melintang

- Lebar pengambilan potongan melintang harus ditambah ± 100 m.
- Pemasangan patok potongan melintang harus dipasang pada sekeliling daerah galian tanah, pengambilan detailnya harus disesuaikan dengan permukaan tanahnya
- Pengukuran potongan melintang pada rencana as *spillway* setiap interval 50m.
- Pengukuran potongan memanjang adalah pengukuran elevasi as *spillway*

Tabel 4.6 Koordinat UTM As *Spillway*

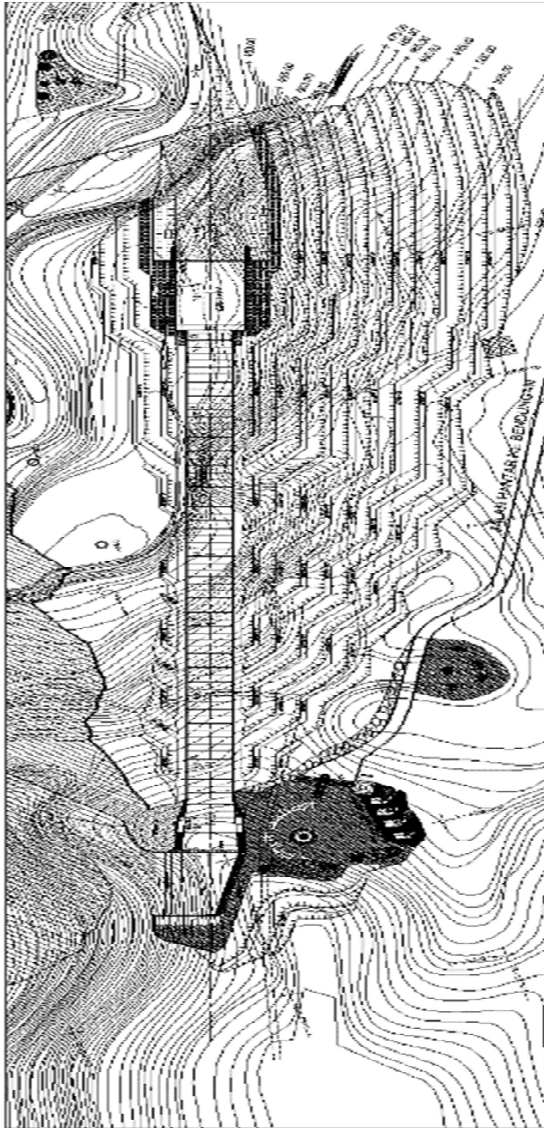
Kode	X	Y
SP1	508821.0272	9163685.129
SP2	508813.0626	9163698.335
SP3	508772.3105	9163710.933
SP4	508751.1684	9163717.385
SP5	508709.4972	9163731.519
SP6	508662.0040	9163745.960
SP7	508615.1238	9163761.323
SP8	508567.3243	9163776.685
SP9	508520.1375	9163791.434
SP10	508473.2572	9163806.489
SP11	508426.6833	9163821.851
SP12	508378.5763	9163831.993
SP13	508330.7759	9163843.057
SP14	508300.7473	9163849.203

4.3 Pekerjaan Tanah

4.3.1 Pekerjaan Clearing, Grubbing dan Stripping

1. Gambar Kerja

Berikut ini adalah area yang harus dibersihkan dan dikupas dengan luas 49.739,58 m². Pembersihan lokasi diasumsikan luas rencana bangunan pelimpah yang akan dibangun untuk persiapan pondasi dimana bangunan tersebut akan dibangun dengan memakai material tanah maupun batu, ataupun material yang telah direncanakan dan disesuaikan dengan yang ada pada Gambar 4.26 dan pada lampiran sudah disertakan lahan clearing, grubbing dan stripping.



Gambar 4.26 Area pembersihan lokasi Spillway

(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

2. Metode Pelaksanaan

1. Pekerjaan Pembersihan/ *clearing*

Metode pekerjaan pembersihan semak dan rerumputan atau pohon-pohon kecil adalah sebagai berikut:

- a. Pembersihan semak belukar menggunakan *bulldozer*.



Gambar 4.27 Pembersihan semak belukar dan pohon kecil

- b. Hasil pembersihan dikumpulkan di suatu sisi batas bangunan.
- c. Kemudian diangkut dengan *excavator* dan dibuang dengan *dump truck* ke lokasi pembuangan.



Gambar 4.28 Pembuangan semak belukar dan pohon kecil di spoil bank

- d. Semak belukar dan barang barang lain yang tidak dikehendaki lalu dibakar, usahakan tidak mengganggu keadaan sekitar.



Gambar 4.29 Pembakaran semak belukar dan pohon kecil

2. Pekerjaan Pembersihan/ *grubbing*
 Adalah pembersihan permukaan tanah dari pepohonan besar, tanggul-tanggul kayu, ataupun reruntuhan bangunan.

Metode pelaksanaan penebangan pohon adalah sebagai berikut:

- a. Pembersihan tumbuhan bawah sekitar pohon untuk memudahkan pemotongan dan menghindari kecelakaan kerja.



Gambar 4.30 Pembersihan tumbuhan, semak belukar dan pohon kecil

- b. Menentukan arah rebah pohon dan arah potong untuk memudahkan pemotongan pohon.
- c. Melakukan pemotongan pohon sesuai rencana yang telah ditentukan.
- d. Setelah pohon roboh, dilakukan pemotongan ujung dan pangkal serta pembagian pohon sesuai ketentuan untuk memudahkan pengangkutan ke lokasi disposal.
- e. Menarik kayu dari titik penebangan ke lokasi pembuangan sementara.
- f. Mengangkut hasil potongan kayu menggunakan *dump truck* ke lokasi disposal, Untuk lebih jelas akan dijelaskan dengan gambar 4.31.



Gambar 4.31 Pengangkutan hasil pembersihan ke spoilbank

Metode pelaksanaan pendongkulan tunggul pohon adalah sebagai berikut:

- a. Penggalian tunggul pohon dilaksanakan setelah pemotongan pohon selesai dengan menggunakan *excavator* dengan cara menggali di sekeliling tunggul untuk memudahkan pendongkelan.
- b. Tunggul yang telah dibongkar apabila terlalu besar akan dipotong menggunakan *chain saw*



Gambar 4.32 Pemotongan pohon menggunakan gergaji mesin (*chainsaw*)

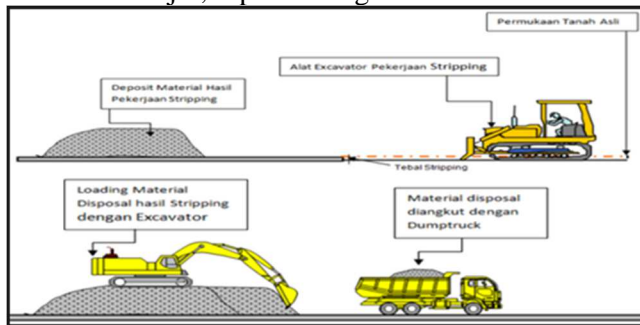
- c. Hasil pendongkelan diangkut ke atas dump truck untuk selanjutnya dibuang ke lokasi disposal/ *spoilbank*.



Gambar 4.33 Pembuangan semak belukar dan pohon kecil di *spoil bank*

- d. Lubang hasil pendongkelan bekas tunggul ditutup kembali dengan tanah hasil galian sekitarnya dengan menggunakan *excavator* dan dipadatkan

3. Pekerjaan Pengupasan/ *stripping*
Stripping/pengupasan ini dilakukan dengan Alat berat *bulldozer* meliputi semua permukaan tanah asli dari lokasi bendungan termasuk didalamnya disposal dari rumput, akar-akar kayu dan lain-lain setebal 20 cm dan dikumpulkan pada *stockpile* tertentu untuk segera di-loading dengan *excavator* ke atas *dump truck* dan dibuang ke lokasi yang disetujui, seperti sket gambar berikut:



Gambar 4.34 Ilustrasi pekerjaan Stripping
 (Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

Metode Pelaksanaan pekerjaan pengupasan adalah sebagai berikut:

- Pengupasan dilakukan setelah pekerjaan pembersihan semak, pohon dan tunggul telah selesai, menggunakan *bulldozer*. Dilakukan agar hasil pengupasan terbebas dari rumput dan kotoran.
- Penmasangan profil/ patok sebagai batas pekerjaan.
- Scope pekerjaan pengupasan yaitu mengupas permukaan tanah bagian atas yang bertujuan untuk membersihkan

tunggul kayu dan akar-akar yang masih tertinggal.

- d. Tanah hasil pengupasan diangkut menggunakan dump truk menuju ke lokasi disposal area.

Tabel 4.7 Tabel Lokasi Jarak

No.	Lokasi	Jarak (km)
1.	Borrow Area diambil dari bagian U/S Bendungan di areal genangan.	0 ~ 0,4
2.		
3.	Material sirtu untuk pekerjaan beton di ambil dari produksi gn. Merapi	130
4.	Quarry Site Ngargoyoso	4
	Lokasi Kali Garuda	0 ~ 1

Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang

4. Pelaksanaan *Clearing dan Grubbing*
 - a. Pelaksanaan *clearing* dan *grubbing* harus dilaksanakan dalam area pembebasan tanah dengan memperhatikan rambu-rambu pembebasan yang dipasang oleh tim surveyor.
 - b. Untuk pemotongan tanaman yang mempunyai diameter lebih dari 20 cm digunakan *chainsaw* sebagai alat potongnya sedangkan untuk diameter

dibawah 20 cm digunakan parang dan kapak untuk memotongnya.

- c. Semua akar tanaman yang diperkirakan mengganggu proses selanjutnya harus dikeluarkan dari daerah tersebut
- d. Semua hasil *clearing* dan *grubbing* harus dikeluarkan dari area kerja ke tempat pembuangan yang telah ditentukan dan dengan menggunakan Truck.
- e. Patok-patok survey diperlukan untuk mengetahui batas-batas areal pembebasan tanah yang sekaligus sebagai batas areal kerja.
- f. Semua akar tanaman semak belukar harus dibersihkan dari areal kerja dan dibuang ke lokasi pembuangan.
- g. Akhir Pekerjaan
Semua peralatan di bersihkan dan disimpan kembali di tempat yang aman dan telah di tentukan. Pastikan alat pengamanan pada peralatan telah terkunci dengan baik.

3. Analisa produktifitas alat berat

Berikut adalah analisa perhitungan produktifitas alat berat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan clearing, grubbing dan stripping. Dan terlampir pada **lampiran 1.B1 sampai 3.B1**. Alat berat yang digunakan dalam pekerjaan clearing, grubbing dan stripping adalah:

A. Excavator, VOLVO EC210B PRIME 1.2

Data yang diketahui:

1. Jenis alat berat : VOLVO
EC210B PRIME 1.2
2. Kapasitas bucket (V) : 1,2 m³
3. Koefisien bucket (Fb) : 1,00

4. Faktor efisiensi alat (F_a) : 0,75
5. Faktor pengembangan tanah (F_k) : 1,25
6. Waktu siklus (T_s) : 0,53 menit
 - a. Waktu gali (Tabel 2.11) : 11 detik
 - b. 2x waktu putar (Tabel 2.12) : 16 detik
 - c. Waktu buang ke dalam dump truck (Tabel 2.13) : 5 detik
7. Kapasitas produksi (Q) : 81 m³/jam

B. Dump Truck, MITSUBISHI FUSO FN 527 ML

Data yang diketahui:

1. Jenis alat berat : *MITSUBISHI FUSO FN 527 ML*
2. Faktor efisiensi alat (E_i) : 0,8
3. Produksi per siklus (C) : 10 m³/jam
4. Waktu siklus dump truck (C_{mt}) : 7,92 menit
 - a. Waktu buang + waktu tunggu hingga pembuangan mulai (t_1) : 0,10 menit
 - b. Waktu untuk posisi pengisian + excavator mulai mengisi (t_2) : 0,25 menit
 - c. Kecepatan rata-rata dump truck Bermuatan (v_1) : 20 km/jam
 - d. Kecepatan rata-rata dump truck Kosong (v_2) : 40 km/jam
 - f. Jarak angkut dump truck (D) : 700 m
4. Waktu siklus excavator (C_{ms}) : 0,53 menit
5. Jumlah siklus excavator untuk mengisi (n) : 8,33 kali
 - a. Kapasitas rata-rata dump truck : 10 m³
 - b. Kapasitas bucket dari excavator : 1,20 m³
 - c. Faktor bucket dari excavator : 1
6. Kapasitas produksi (Q) : 108,68 m³/jam

C. *Bulldozer, CATERPILLAR D6K LGP*

Data yang diketahui:

1. Jenis alat berat : *CATERPILLAR D6K LGP*
2. Faktor koreksi (Fk) : 0.75
3. Produksi maksimum teoritis (PMT) : 54,78 m³/jam
 - a. Kapasitas blade (KB) : 2 m³
 - b. Jumlah trip per jam (T) : 27,39 trip/jam
4. Cycle time (C_t) : 2,19 menit
 - a. Jarak kerja (J) : 7,50 meter
 - b. Kecepatan maju (F) : 77,33 m/menit
 - c. Kecepatan mundur (R) : 80 m/menit
 - d. Waktu pindah untuk transmisi (Z) : 2 menit
5. Kapasitas produksi (Q) : 41,08 m³/jam

4. **Analisa kebutuhan alat berat dan waktu**

Berikut adalah perhitungan kebutuhan alat berat dalam pekerjaan *clearing*, *grubbing* dan *stripping* dan terlampir dalam **lampiran 1.B1 sampai 3.B1**:

A. *Excavator, VOLVO EC210B PRIME 1.2*

1. Volume pekerjaan (V) : 49.739,58 m³
2. Kapasitas produksi alat (Q) : 81 m³/jam
3. Waktu pelaksanaan (H) : 180 hari
4. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H1) : $V/Q = 614,07$ jam
5. Kebutuhan jam/ hari (H2) : $H1/8 = 76,76$ hari
6. Jumlah alat yang direncanakan (B) : $H2/H = 0,43$
7. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) : 1 Unit

B. *Dump Truck, MITSUBISHI FUSO FN 527 ML*

1. Volume pekerjaan (V) : 49.739,58 m³
2. Kapasitas produksi alat (Q) : 108,68 m³/jam
3. Waktu pelaksanaan (H) : 180 hari

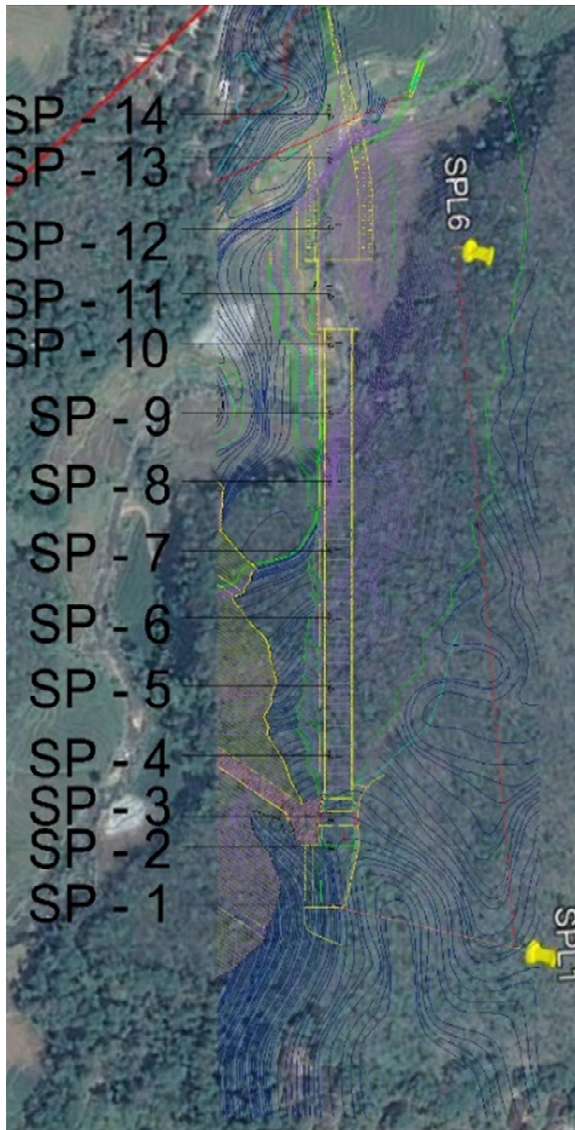
4. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H1) : $V/Q = 457,67$ jam
 5. Kebutuhan jam/ hari (H2) : $H1/8 = 57,21$ jam
 6. Jumlah alat yang direncanakan (B) :
 $M = C_{MT}/(C_{MS} * n)$: 1,79 Unit
 7. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) : 2 Unit
- C. *Bulldozer, CATERPILLAR D6K LGP*
1. Volume pekerjaan (V) : 49.739,58 m³
 2. Kapasitas produksi alat (Q) : 41,08 m³/jam
 3. Waktu pelaksanaan (H) : 180 hari
 4. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H1) : $V/Q = 1.210,73$ jam
 5. Kebutuhan jam/ hari (H2) : $H1/8 = 151,34$ hari
 6. Jumlah alat yang dibutuhkan dan direncanakan (B) : $H2/H$: 1 Unit

4.3.2 Pekerjaan Galian Pelimpah

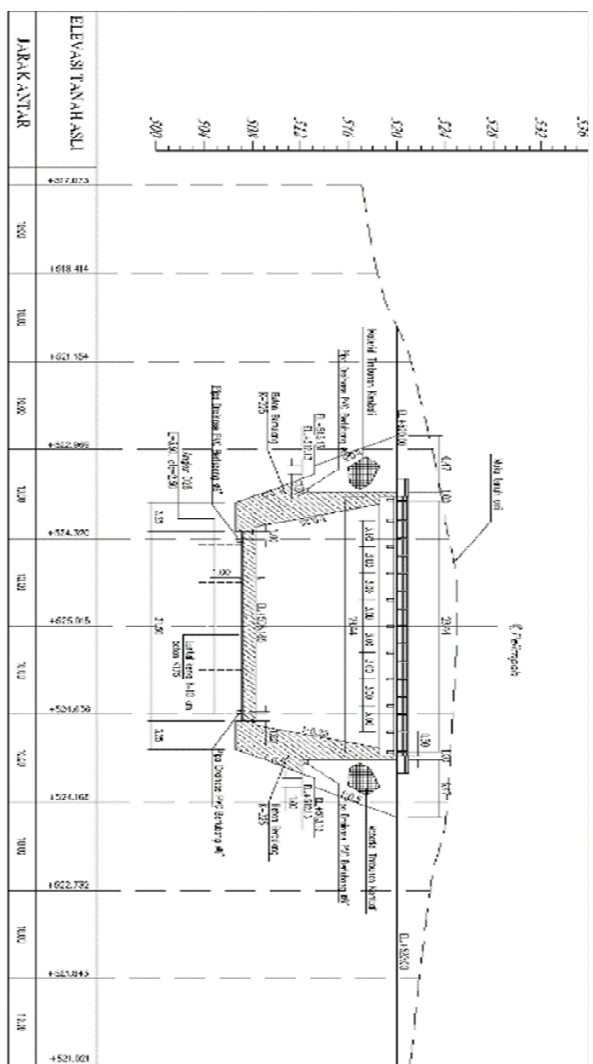
1. Gambar Kerja

Bendungan Volume galian *spillway* diperkirakan sekitar 129.691,26 m³, terdiri dari 409.741,96 m³ galian tanah dan 518.765,04 m³ galian batuan keras. Pekerjaan galian dilaksanakan selama 30 (tiga puluh) bulan. Pekerjaan galian tanah biasa dan galian batuan lapuk dilaksanakan dengan menggunakan *excavator* 1,2 m³, *bulldozer* 21 ton dan *bulldozer* 21 ton dengan *ripper* untuk pekerjaan penggarukan dan pengumpulan. Dengan ketinggian berm kurang dari 3 m. Material galian diangkat dengan *excavator* 1,2 m³ ke *dump truck* 10 m³ untuk diangkut ke *spoilbank* atau ke *stockpile* yang letaknya sekitar 500 m di hilir lokasi bendungan. Galian batu yang besar dilakukan dengan menggunakan *jack hammer* 1,2 m³ dan *dump truck* 10 m³ untuk memindahkan hasil peledakan. Material galian terseleksi digunakan sebagai urugan random, diangkut ke *stockpile*, sedangkan sisanya yang tidak terpakai akan dibuang di *spoil bank/disposal*.

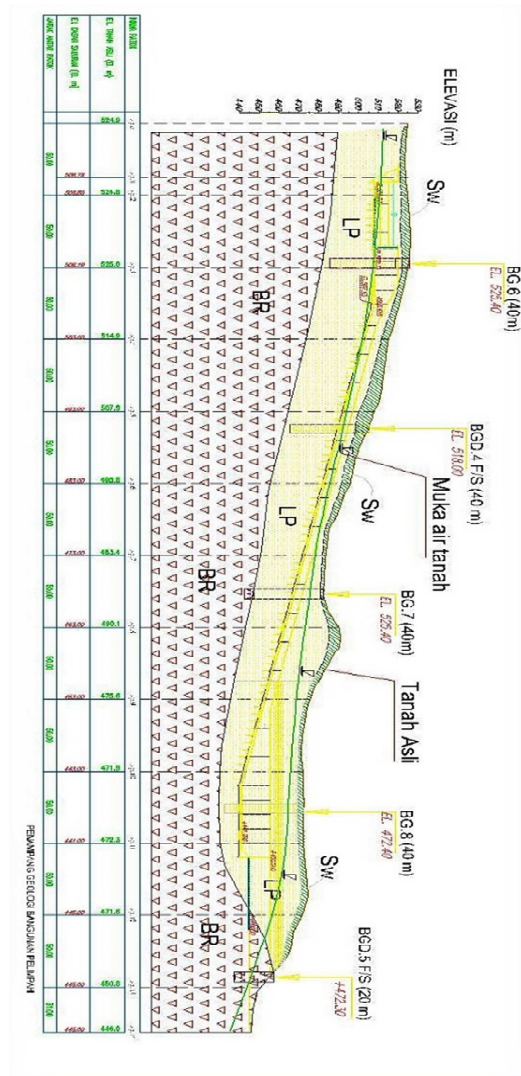
Bendungan Volume galian *spillway* diperkirakan sekitar 129.691,26 m³, terdiri dari 409.741,96 m³ galian tanah dan 518.765,04 m³ galian batuan keras. Pekerjaan galian dilaksanakan selama 30 (tiga puluh) bulan



Gambar 4.35 Denah Bangunan Pelimpah (*Spillway*)
(*Sumber: Google Earth*)



Gambar 4.36 Potongan melintang pekerjaan galian bangunan pelimpah SP 3
(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)



Gambar 4.37 Potongan memanjang galian bangunan pelimpah
(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

2. Metode Pelaksanaan

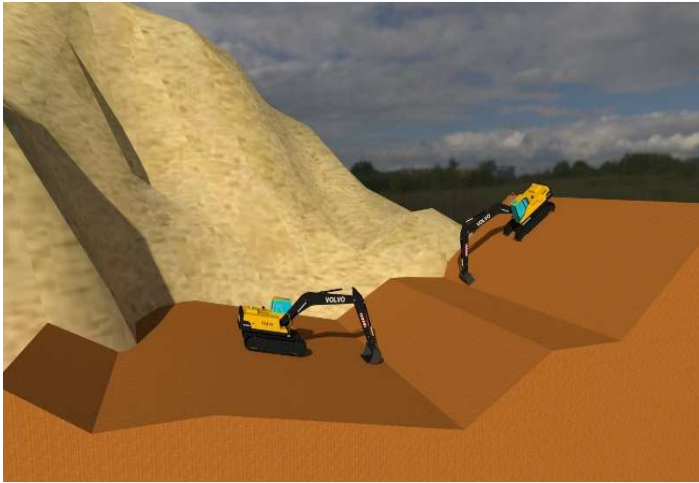
Tahapan pekerjaan galian adalah:

1. Pekerjaan galian tanah:
 - a. Dilakukan pemetaan terlebih dahulu untuk mengetahui lokasi yang akan digali.
 - b. Penggalian dilakukan tanpa menggunakan bahan peledak menggunakan *excavator*.



Gambar 4.38 Ilustrasi pekerjaan galian tanah

- c. Penggalian tanah dilakukan mulai SP1 menggunakan *excavator*, dalam pekerjaan galian dibutuhkan koordinasi yang baik antara tim surveying dan tim galian. Agar galian dapat terencana sesuai perencanaan teknis.



Gambar 4.39 Proses penggalian tanah

- d. Pekerjaan galian tanah dilakukan sampai SP13, hingga terbentuk galian sesuai perencanaan.



Gambar 4.40 Tahapan proses penggalian tanah

- e. Sehingga ditemukan elevasi galian sesuai perencanaan.



Gambar 4.41 Tahapan akhir pekerjaan galian tanah

- f. Hasil tanah galian dikumpulkan menggunakan *bulldozer* yang nantinya diangkut ke dalam *dump truck*.



Gambar 4.42 Proses merapikan hasil galian tanah

- g. Pengangkutan hasil galian yang tidak memenuhi syarat diangkut menggunakan *dump truck* oleh *excavator* yang nantinya dipindahkan ke *spoilbank* seperti Gambar 4.44.



Gambar 4.43 Pengangkutan hasil galian material galian

- h. Material hasil galian yang akan dikelompokkan menjadi 2 (dua) macam yaitu: tanah yang memenuhi persyaratan sebagai material timbunan dan material yang tidak memenuhi persyaratan sebagai material timbunan.
- i. Material hasil galian yang dapat digunakan sebagai material timbunan atau material tanah yang kualitasnya layak sebagai material random diangkut menggunakan *dump truck* ke lokasi stock pile.
- j. Pada lokasi pembuangan (*spoilbank*) material hasil galian diratakan secara rapi agar lebih kondusif untuk daerah proyek dan sekitarnya.



Gambar 4.44 Perataan hasil galian menggunakan bulldozer

2. Pekerjaan galian batu keras:
 - a. Penggalian batuan dilakukan dengan menggunakan *hydraulic hammer*.



Gambar 4.45 Penggalian batuan menggunakan hydraulic hammer



Gambar 4.46 Proses penggalian batu

- b. Pekerjaan galian material batu dilakukan pelonggaran terlebih dahulu menggunakan *bulldozer* dengan *ripper* atau penggali hidrolis yang memakai *bucket backator* 1.0 m³ seperti Gambar 4.48.



Gambar 4.47 Situasi pelonggaran material galian

- c. Setelah dilakukan pelonggaran menggunakan *ripper*, material kemudian dikumpulkan menggunakan *bulldozer*.
- d. Galian batuan dikerjakan sesuai elevasi rencana.



Gambar 4.48 Penggalian batuan

- e. Hasil dari *ripping* berupa batuan lepas diangkat ke dalam *dump truck* dengan menggunakan *excavator*.



Gambar 4.49 Pengangkutan hasil material galian

- f. Pengangkutan hasil material galian menuju ke *stockpile* atau *spoilbank* yang telah ditetapkan oleh direksi.



Gambar 4.50 Pengangkutan hasil material

3. Analisa produktifitas alat berat

Berikut adalah analisa perhitungan produktifitas alat berat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan galian *spillway* dan terlampir dalam **lampiran 4.B2 sampai 8.B3**. Alat berat yang digunakan dalam pekerjaan *spillway* adalah:

1. Galian tanah :
 - A. *Excavator VOLVO EC210B PRIME*
 2. Kapasitas produksi (Q) : 45,74 m³/jam
 3. Kapasitas bucket (V) : 1,20 m³
 4. Koefisien bucket (F_b) : 0,60
 5. Faktor efisiensi alat (F_a) : 0,75
 6. Faktor pengembangan (F_k) : 1,25
 7. Waktu siklus (T_s) : 0,57 menit
 - a. Waktu gali : 13 detik
 - b. 2x waktu putar : 16 detik
 - c. Waktu buang : 5 detik

B. Dump Truck MITSUBISHI FUSO FN 627

1. Kapasitas produksi (Q) : 23,28 ton
2. Kapasitas bak (V) : 10 ton
3. Faktor efisiensi alat (F_a) : 0,75 ton
4. Berat isi material (D) : 1,73 ton/m³
(Tabel 4.)
5. Waktu siklus (T_s) : 11,20 menit
6. Waktu muat (T_1) : 7,60 menit
 - a. Kapasitas produksi excavator (Q_{EXC}) : 45,74 m³/jam
7. Waktu tempuh isi (T_2) : 2,10 menit
 - a. Jarak angkut isi (L_1) : 0,70 km
 - b. Kecepatan rata-rata bermuatan (V_1) : 20 km/jam
8. Waktu tempuh kosong (T_3) : 1,05 menit
 - a. Jarak angkut kosong (L_2) : 0,70 km
 - b. Kecepatan rata-rata kosong (V_2) : 40 km/jam
9. Waktu lain-lain (T_3) : 0,45 menit
 - a. Waktu ganti perseneling (t_1) : 0,10 menit
 - b. Waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai (t_2) : 0,10 menit
 - c. Waktu untuk pengisian dan loader Mulai mengisi (t_3) : 0,25 menit

2. Galian batu

A. Excavator, VOLVO EC210B PRIME

1. Kapasitas produksi (Q) : 56 m³/jam
2. Kapasitas bucket (V) : 1,20 m³
3. Koefisien bucket (F_b) : 0,60
4. Faktor efisiensi alat (F_a) : 0,75
5. Faktor pengembangan tanah (F_k) : 1,25
6. Waktu siklus (T_s) : 0,46 menit
 - a. Waktu gali : 6,77 detik
 - b. 2x Waktu putar : 16 detik

- c. Waktu buang : 5 detik
- B. *Dump Truck, MITSUBISHI FUSO FN 627*
 - 1. Kapasitas produksi (Q) : 26,59 m³/jam
 - 2. Kapasitas bak (V) : 10 ton
 - 3. Faktor efisiensi alat (F_a) : 0,75 ton (Tabel 2.17)
 - 4. Berat isi material (D) : 1,73 ton/ m³
 - 5. Waktu siklus (T_s) : 9,81 menit
 - 6. Waktu muat (T₁) : 6,21 menit
 - a. Kapasitas produksi excavator (Q_{EXC}) : 56 m³/jam
 - 7. Waktu tempuh isi (T₂) : 2,10 menit
 - a. Jarak angkut isi (L₁) : 0,70 km
 - b. Kecepatan rata-rata bermuatan (V₁) : 20 km/jam
 - 8. Waktu tempuh kosong (T₃) : 1,05 menit
 - a. Jarak angkut kosong (L₂) : 0,70 km
 - b. Kecepatan rata-rata kosong (V₂) : 40 km/jam
 - 9. Waktu lain-lain (T₃) : 0,45 menit
 - a. Waktu ganti perseneling (t₁) : 0,10 menit
 - b. Waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai (t₂) : 0,10 menit
 - c. Waktu untuk posisi pengisian dan loader mulai mengisi (t₃) : 0,25 menit
- C. *Hydraulic Hummer H75E*
 - 1. Kapasitas produksi (Q) : 484,96 m³/jam
 - 2. Kapasitas bucket (V) : 2,38 m³
 - 3. Koefisien bucket (F_b) : 0,60
 - 4. Faktor efisiensi alat (F_a) : 0,80
 - 5. Faktor pengembangan tanah (F_k) : 1,25
 - 6. Waktu gali (T_s) : 0,11 menit

4. Analisa kebutuhan alat berat dan waktu

Berikut adalah analisa perhitungan produktifitas alat berat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan galian pada *spillway*. Alat berat yang digunakan beserta jumlahnya dalam pekerjaan *spillway* adalah dan terlampir pada **lampiran 4.B2 sampai 8.B3**.

1. Galian tanah

A. *Excavator VOLVO EC210B PRIME*

1. Kapasitas produksi (Q) : 76,24 m/jam
2. Volume pekerjaan (V) : 129.691,26 m³
3. Waktu pelaksanaan (H) : 7 bulan
4. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H1) : 175 hari
5. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) : 1225 jam
6. Jumlah alat yang direncanakan (M) : 1,39 unit
7. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) : 2 unit

B. *Dump Truck MITSUBISHI FUSO FN 627*

1. Kapasitas produksi (Q) : 24,84 m/jam
2. Volume pekerjaan (V) : 129.691,26 m³
3. Waktu pelaksanaan (H) : 7 bulan
4. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H1) : 175 hari
5. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) : 1225 jam
6. Jumlah alat yang direncanakan (M) : 3,11 unit
7. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) : 3 unit

2. Galian batu

A. *Excavator VOLVO EC210B PRIME*

1. Kapasitas produksi (Q) : 56 m/jam
2. Volume pekerjaan (V) : 518.765,04 m³
3. Waktu pelaksanaan (H) : 15 bulan
4. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H1) : 375 hari

5. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) :2.625 jam
6. Jumlah alat yang direncanakan (M) : 2,12 unit
7. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) : 2 unit

B. Dump Truck MITSUBISHI FUSO FN 627

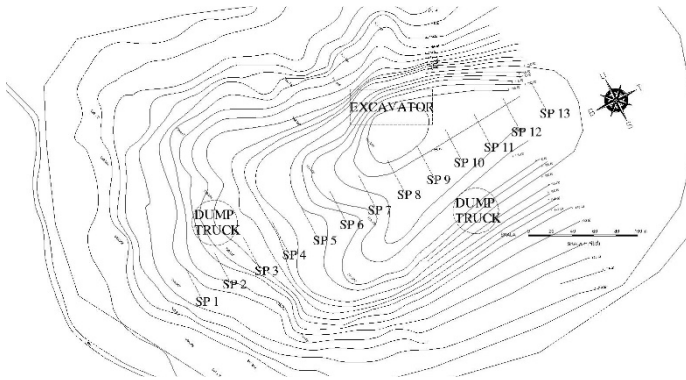
1. Kapasitas produksi (Q) : 28,36 m/jam
2. Volume pekerjaan (V) :518.765,04 m³
3. Waktu pelaksanaan (H) : 15 bulan
4. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H1) : 375 hari
5. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) :2.625 jam
6. Jumlah alat yang direncanakan (M) : 5,20 unit
7. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) : 5 unit

C. Hydraulic Hummer H75E

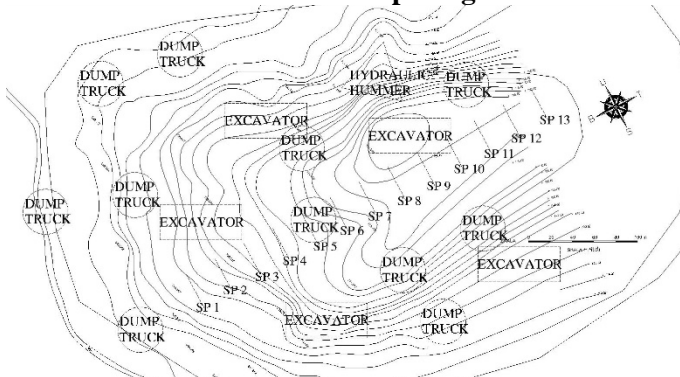
1. Kapasitas produksi (Q) : 808,27 m/jam
2. Volume pekerjaan (V) :518.765,04 m³
3. Waktu pelaksanaan (H) : 15 bulan
4. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H1) : 375 hari
5. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) :2.625 jam
6. Jumlah alat yang direncanakan (M) : 0,24 unit
7. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) : 1 unit

5. Pengaturan alat berat

Berikut merupakan visualisasi pengaturan alat berat pada proses pekerjaan galian tanah dan galian batu. Dengan alat berat sesuai perhitungan yang tergambar dalam visualisi tersebut.



Gambar 4.51 Visualisasi pada galian tanah



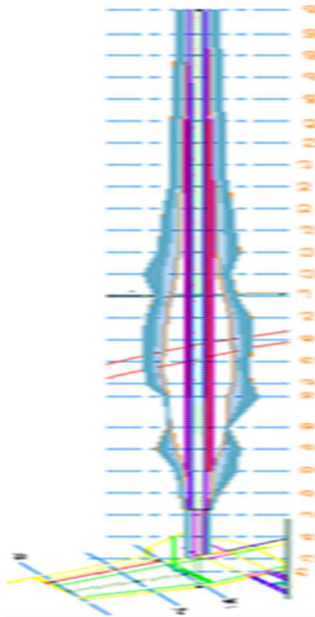
Gambar 4.52 Visualisasi pada galian batu

4.4 Pekerjaan Perbaikan Pondasi

4.4.1 Pekerjaan Grouting

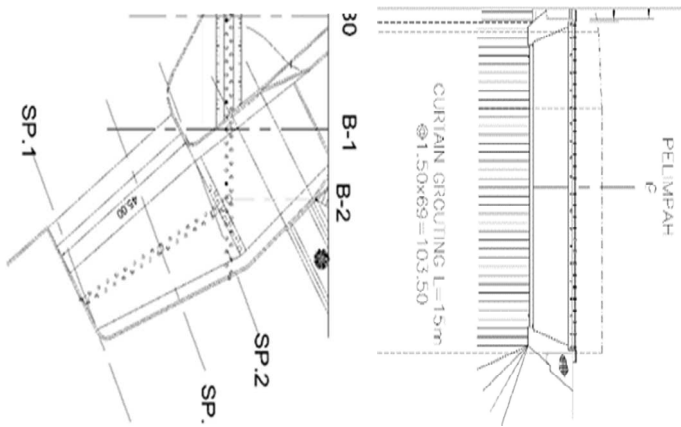
1. Gambar kerja

Dalam pekerjaan pondasi ini terdapat empat macam jenis grouting yang akan dipakai dan dilaksanakan dalam pembangunan Bendungan Gondang Karanganyar, antara lain: *Curtain grouting*, *blanket grouting*, dan *rim grouting*. Berikut adalah penjelasan tentang jenis grouting yang akan dilaksanakan pada pembangunan Bendungan Gondang tersebut dan volume pekerjaan 13,20 m³.



Gambar 4.53 Denah pekerjaan grouting di tubuh bendungan

(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

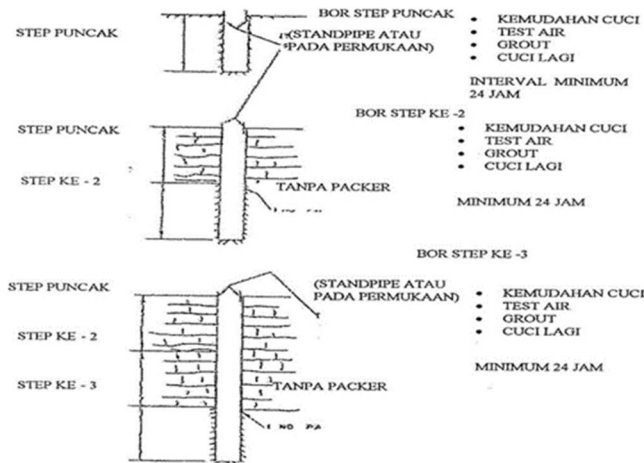


Gambar 4.54 Detail pekerjaan grouting pada bangunan pelimpah (tampak potongan memanjang)
(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

2. Metode pelaksanaan

A. Bertahap turun tanpa penyekat

Dalam metode ini, grouting dilakukan melalui pipa grout yang terbuka ujung bawahnya pada step pendek 1 (satu) hingga 2 (dua) mulai dengan puncak zona yang di grout. Proses ini meliputi penulangan dari urutan operasi yang meliputi: pemboran sepanjang setiap step dan grouting yang diikuti redrilling gambar 4.55 Diketahui bahwa hasilnya rendah pada metode ini. Walaupun metode ini, langkah pendek dapat di grout individual dan tidak ada resiko bocoran sepanjang lubang kedalam zona yang tidak di grout. Diperlukan pemboran ulang bila penyuntikan akan di ulang.

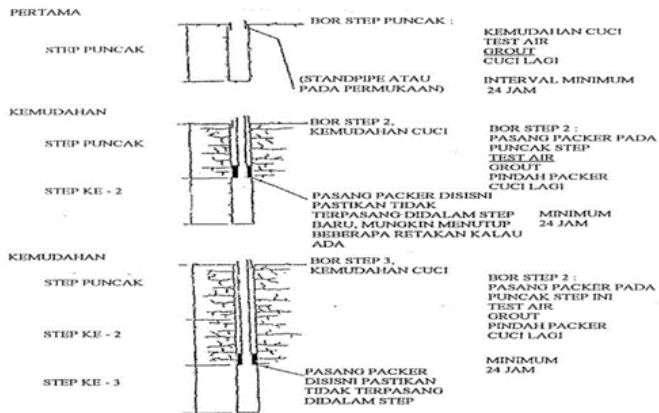


Gambar 4.55 Metode grouting bertahap menurun tanpa penyekat

(Sumber: Buku Pedoman Grouting Untuk Bendungan)

B. Bertahap turun dengan penyekat

Dalam metode ini penyekat karet (rubber packer) dipergunakan dan dapat mengembang oleh tekanan menjadi 5 hingga 6 kali diameter lubang. Grouting difasilitasi pada zona tujuan dengan pemasangan packer pada puncak dan dasar gambar 4.56



Gambar 4.56 Metode grouting bertahap menurun dengan penyekat
(Sumber: Buku Pedoman Grouting Untuk Bendungan)

Penyekat (*packer*) dapat dipakai untuk metode bertahap turun (*descending*) maupun naik (*ascending*). Metode ini memfasilitasi pencucian dan grouting pada perlapisan pada kedalaman tertentu dengan tekanan yang dikehendaki sesuai batasan yang diizinkan. Zona yang sangat lolos air dapat di grout terlebih dahulu, diikuti zona lebih bawah atau lebih atas. Karena dapat diterapkan tekanan lebih tinggi, metode ini cocok untuk spasi lebih besar diantara lubang-lubang dalam. Selebihnya sebelum grouting, perlu test air dengan packer agar diperoleh informasi yang lebih pasti dari media yang di grout dan estimasi grout take dapat dibuat lebih mudah. Dari segi pelaksanaan, menghemat waktu pemboran dan grouting pondasi.

Metode ini perlu peralatan ekstra yaitu *packer* dan perpipaan, untuk perletakan dalam lubang bor. Perlu waktu untuk memasang packer yang pasti sesuai

rencana. Tambahan *packer* untuk metode *downstage* jarang dilakukan, kecuali untuk melindungi step lebih atas dari tekanan yang berlebihan dari step di bawahnya dan harus dijaga terhadap hasil kontrol *uplift* dipermukaan. *Packer* dapat salah menggrout zona grout lain melalui rekah-rekahan dan perlu dikontrol baik. *Packer* membatasi plastering pada dinding lubang bor terhadap stratum berikutnya yang di grout (Houlsby, 1983).

C. Langkah-langkah pekerjaan grouting secara umum

a. Pekerjaan Persiapan

- Sebelum dilaksanakan pekerjaan grouting, maka disiapkan terlebih dahulu menyiapkan kebutuhan, antara lain: grout plant, suplai air, suplai semen, *setting/hook up*.

b. Pekerjaan Drilling

- Lalu menyiapkan alat untuk menjalakannya yaitu, rotary dan percussion mekanik.
- Pengeboran rotary dilakukan dengan kedalaman berbeda sesuai jenis grouting yang akan dilaksanakan.

c. Pekerjaan Test Packer/ Lugeon Test

- Selang Air, selang yang mampu menahan tekanan sampai dengan 35 bar.
- Pompa tekan, pompa yang mampu memberikan tekanan sampai dengan 35 bar.
- Stang Packer, untuk menghubungkan packer sampai dengan kedalaman yang direncanakan.
- Packer, untuk menskat zona yang mau diuji.

- Water Meter, untuk mengetahui besarnya debit air yang dikeluarkan selama pengujian.



Gambar 4.57 Pekerjaan drilling dan grouting

- Manometer, untuk mengetahui besarnya tekanan.
 - Mesin Penggerak (diesel)
 - Stop Watch, untuk mengukur waktu pengujian
- d. Persiapan Grouting

D. Langkah-langkah pekerjaan grouting secara khusus dijelaskan sesuai jenis grouting yang dilaksanakan

A. Curtain grouting

Metode pelaksanaan curtain grouting adalah sebagai berikut:

- Dilaksanakan untuk membentuk zona permeabilitas air rendah di batu pondasi bendungan dan bangunan sekitarnya dengan menyuntikkan semen grouting dengan tekanan tertentu ke dalam lubang batu seperti patahan, sambungan, dan retakan. Curtain grouting akan dilakukan di pondasi pada grouting gallery atau grouting adit dibawah daerah inti kedap air dan bendung pelimpah.
- Pada titik primer, sekunder maupun tersier pemboran menggunakan sistem *Non Coring*.
- Packer harus dipasang 0.5 m diatas bagian atas bagian yang di grouting. Pada tahap pertama, packer akan diatur dalam lantai beton digrouting gallery atau grouting adit, atau jika tidak ada tutup beton, pada 0.5 m dari permukaan batuan. lalu dilakukan pencucian lubang bor dan selanjutnya dilakukan pengujian water test dan Grouting.
- Pada *Pilot Hole* dan *Check Hole* pemboran dilakukan dengan cara *coring* dan pengujian *Water Pressure Test* dilakukan dengan tekanan seperti tabel 4.8 berikut

Tabel 4.8 Pengujian *water pressure test* pada *curtain grouting*

Step	Kedalaman (m)	Tekanan Uji Air (kg/cm ²)	Tek. Maks. Grouting (kg/cm ²)
1	0-5	0,5-1-2-1-0,5	2
2	5-10	1-1,5-2-1,5-1	2
3	10-15	1-2-3-2-1	3
4	15-20	1-2-3-2-2	3
5	20-25	1-2-3-4-3-2-1	4
6	25-30	1-2-3-4-3-2-2	4
7	30-35	1-2-3-5-3-2-1	5
8	35-40	1-2-3-5-3-2-1	5
9	40-45	1-2-3-6-3-2-1	6
10	45-50	1-2-3-6-3-2-1	6

(Sumber: Buku Pedoman Grouting Untuk Bendungan)

- Tekanan penolakan maksimum yang diperbolehkan untuk grouting tiap tahapan akan dijelaskan di tabel 4.9

Tabel 4.9 Tekanan penolakan maksimum *curtain grouting*

Daerah	Lubang Primer dan Sekunder (Kpa)	Lubang Tersier dan quanternay (Kpa)
1	200	400
2	300	500

3	500	700
4	700	1000
5	1000	1300
6	1300	1600
7	1600	1600

(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

- Pada titik primer, sekunder dan tersier pengujian *Water Pressure Test* dilakukan sekali.
- Setelah mendapatkan nilai lugeon/permeabilitas dari pengujian *Water Pressure Test* maka dilanjutkan dengan grouting. Berikut tabel 4.10 campuran crouting adalah:

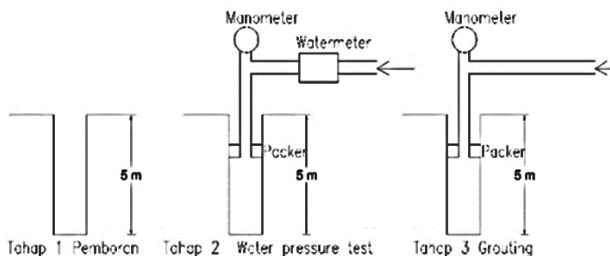
Tabel 4.10 Campuran grouting pada water pressure

Campuran Nomor	Perbandingan S : A	Kuantitas Injeksi dalam 20 menit	Perubahan S : A
1	1:10	800 lt	1:8
2	1:8	700 lt	1:6
3	1:6	600 lt	1:4
4	1:4	500 lt	1:2
5	1:2	400 lt	1:1

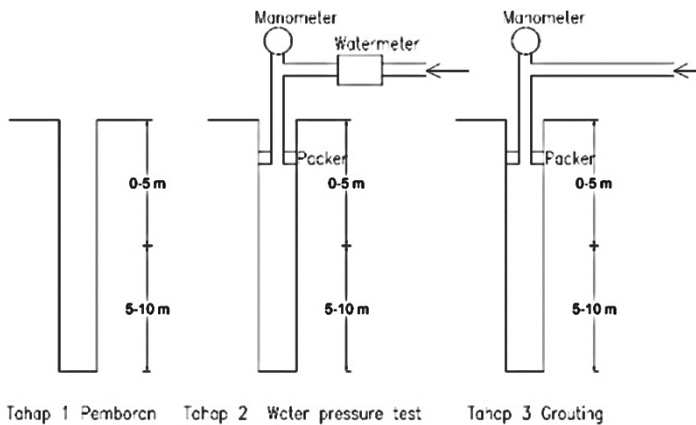
(Sumber: Buku Pedoman Grouting Untuk Bendungan)

- Grouting dinyatakan selesai jika kuantitas campuran yang diinjeksi telah menunjukkan 0,2 liter/menit/meter pada tekanan maksimum yang diizinkan selama 20 menit.

- Apabila dalam pelaksanaan pada campuran 1:1 tercapai tekanan maksimum belum tercapai dengan volume 2000 liter, maka grouting dihentikan selama 8 jam dan dilanjutkan kembali dengan campuran 1:1 sampai tekanan maksimum tercapai dan kuantitas yang diinjeksi 0,2 liter/menit/meter pada tekanan maksimum yang diizinkan selama 20 menit tercapai.
- Lubang bor selanjutnya di tutup dengan mortar.
- Setelah Grouting selesai dilanjutkan pemboran kedalaman 5 – 10 m, lalu ikuti langkah 4 – 15, dan dilanjutkan kedalaman berikutnya dan diulang langkah 4 – 15 sampai kedalaman rencana tercapai.
- Pengecekan hasil grouting dilakukan pada titik *check hole*, dengan pemboran *coring* diameter minimum 50 mm. Pengujian berupa *Water Pressure Test*, untuk mengetahui apakah nilai lugeon sesuai dengan yang diharapkan. Tekanan pada pengujian *Water Test* seperti yang dilakukan pada pilot hole.
- Titik Pilot Hole dan Check Hole ditentukan oleh direksi dan konsultan pengawas.



Gambar 4.58 Pemboran dan Groting Stage 1 (0 – 5 m)
 (Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)



Gambar 4.59 Pemboran dan Grouting Stage 2 (5– 10 m)

(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

B. Blanket grouting

Metode pelaksanaan blanket grouting adalah sebagai berikut:

- Dilaksanakan untuk membentuk zona permeabilitas rendah di bagian yang landai pada batu pondasi bendungan sekitar daerah curtain grouting untuk menghindari kebocoran dan penyebaran curtain grouting dan untuk membuat curtain grouting yang efektif dan untuk menghindari kontak berbahaya pada dasar inti kedap air dengan arus rembesan air yang melalui pondasinya.
- Prosedur blanket grouting sama dengan curtain grouting
- Jika memungkinkan, perawatan tambahan untuk blanket grouting akan menggunakan grouting gallery untuk pengeboran dan grouting lubang yang miring. Dalam hal ini,

tekanan maksimum yang diperbolehkan akan ditentukan oleh Direksi dalam hubungannya dengan tinggi bendungan yang dibangun pada saat itu.

C. Rim grouting

Metode pelaksanaan rim grouting adalah sebagai berikut:

- Dilaksanakan jika diperlukan untuk tujuan memperluas curtain grouting di luar ujung puncak bendungan.
- Prosedur grouting sama seperti yang dijelaskan pada bagian curtain grouting

3. Analisa kebutuhan alat berat dan waktu

Dalam pekerjaan grouting terdapat 2 (dua) macam alat kerja untuk memudahkan proses pekerjaan, yaitu *grout pump* dan *grout mixer* yang dijelaskan sebagai berikut dan terlampir pada **lampiran 9.C1**

A. *Grout Pump, MARMOTTA MP13*

- | | |
|--|------------------------|
| 1. Jenis alat berat | : MARMOTTA |
| MP13 (Lampiran) | |
| 2. Kapasitas produksi (Q) | : 3,60 m/jam |
| 3. Volume pekerjaan (V) | : 13,20 m ³ |
| 4. Waktu pelaksanaan (H) | : 4 bulan |
| 5. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H ₁) | : 100 hari |
| 6. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H ₂) | : 700 jam |
| 7. Jumlah alat yang direncanakan (M) | : 0,01 unit |
| 8. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) | : 1 unit |

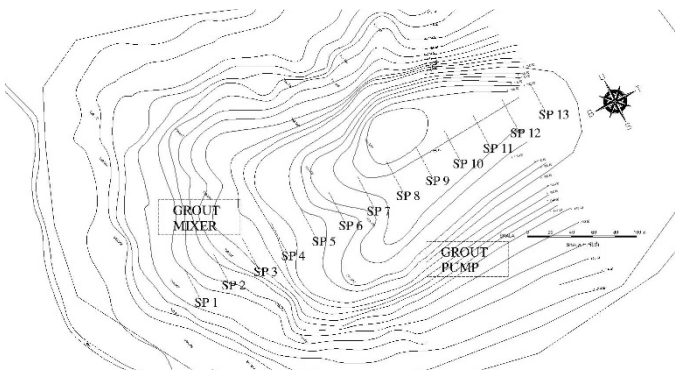
B. *Grout Mixer, COLMIXER CP500*

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Jenis alat berat | : COLMIXER |
| CP500 (Lampiran) | |
| 2. Kapasitas produksi (Q) | : 8 m/jam |
| 3. Volume pekerjaan (V) | : 13, 20 m ³ |

- | | |
|--------------------------------------|---------------|
| 4. Waktu pelaksanaan (H) | : 4 bulan |
| 5. Kebutuhan hari pekerjaan (H1) | : 100 hari |
| 6. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) | : 700 jam |
| 7. Jumlah alat yang direncanakan (M) | : 0,0024 unit |
| 8. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) | : 1 unit |

4. Pengaturan alat berat

Setelah dihitung kebutuhan alat berat untuk pekerjaan grouting, maka berikut merupakan visualisasi pengaturan alat berat pada proses pekerjaan grouting. Dengan alat berat sesuai perhitungan yang tergambar dalam visualisi tersebut.

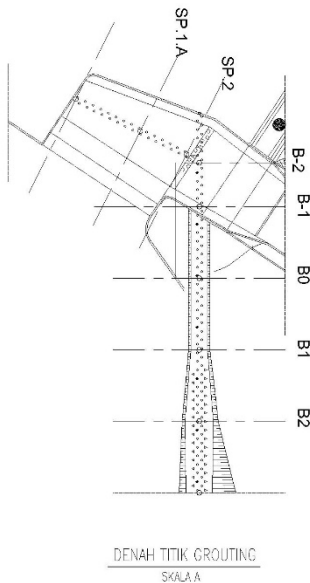


Gambar 4.60 Visualisasi pada grouting

4.4.2 Pekerjaan Pemboran

1. Gambar kerja

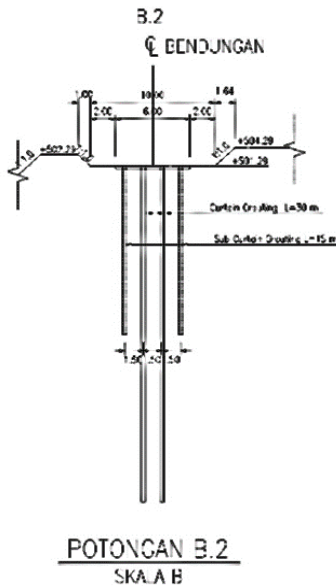
Pemboran adalah bagaian dari pekerjaan grouting, yang berfungsi untuk membuat lubang tempat injeksi bahan grouting. Terdapat kedalaman yang berbeda dari tiap jenis grouting yang dibutuhkan untuk pelaksanaan. Dan volume yang terdapat dalam pelaksanaan ini adalah 1.164 m³. Berikut adalah gambar rencana pemboran pada lokasi yang sudah ditentukan.



Gambar 4.61 Denah site plan lokasi grouting
(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

Pekerjaan treatment/grouting pada pekerjaan *Spillway* adalah sebagai berikut:

1. Pengeboran rotary dengan diameter 45-55 mm untuk blanket grouting.
2. Pengeboran rotary dengan diameter 45-55 mm untuk curtain grouting.
 - Kedalaman 0-10 m
 - Kedalaman 10-20 m
 - Kedalaman 20-30 m
 - Kedalaman 30-40 m
3. Pengeboran rotary dengan diameter 55-65 mm untuk eksplorasi bor inti (cek lubang)
 - Kedalaman 0-10 m
 - Kedalaman 10-20 m
 - Kedalaman 20-30 m
 - Kedalaman 30-40 m
 - Kedalaman 40-50 m
4. Tes tekanan air pada lubang bor untuk tes lugeon atau tes permeabilitas.
5. Pekerjaan curtain grouting dan blanket grouting.
6. Pengeboran rotary dengan diameter tak kurang dari 45-55 untuk rim grouting.



Gambar 4.62 Potongan situasi pemboran lokasi grouting

(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

2. Metode pelaksanaan

Pada pemboran (*rotary*) pada bendungan gondang, adalah sebagai berikut:

1. Curtain grouting

Metode pelaksanaan curtain grouting adalah sebagai berikut:

- Menggunakan peralatan pengeboran yang mampu mengebor hingga kedalaman 100 m. Bor bit dengan diameter tak kurang dari 45 mm. Deviasi lubang bor sesuai dengan posisi yang direncanakan tidak boleh melebihi 3% dari bagian melintangnya.

- Lubang curtain grouting direncanakan pada interval 2 m pada dua garis parallel dengan jarak 1 m.
- Diameter lubang tidak boleh lebih kurang dari 45 mm. Kedalaman tiap lubang maksimum 70 m.
- Lubang dibuat vertical atau miring pada sudut tertentu.
- Curtain grouting akan dilaksanakan dengan tahapan panjang lubang grouting 5 m dan dengan metode spacing daerah yang dibagi seperti yang dijelaskan berikut. Bidang vertical curtain grout akan dibagi menjadi daerah-daerah menurut perbedaan tekanan penolakan maksimum yang diperbolehkan untuk diaplikasikan. Tiap daerah terdiri atas satu atau lebih tahapan grouting.
- Daerah pertama terdiri atas tahapan yang mencakup 5 bagian yang diukur dari permukaan dasar batuan. Semua lubang grouting dalam daerah yang dibagi pada pondasi bendungan, akan digrouting untuk daerah pertama sebelum pengeboran daerah selanjutnya.
- Metode spacing split merupakan prosedur dimana lubang utama dialokasikan pada interval yang agak besar akan dibor dan digrouting duluan dan selanjutnya lubang sekunder akan dibor dan digrouting pada pertengahan antara dua lubang primer, dan kemudian lubang tersier antara grouting lubang sebelumnya, dan sebagainya. Untuk lubang primer, grouting akan dilakukan dengan menurunkan tahapan, seperti pada prosedur sebelumnya. Tahapan pengeboran

pertama di batu akan diperluas hingga kedalaman 5 m dari permukaan batu. Tahapan pengeboran kedua akan mengikuti setelah selesainya grouting tahap pertama, dengan pengeboran kembali bagian yang digrouting pertama dan dipenetrasi kedalam batu untuk kedalaman 5 m lainnya. Proses ini akan diulang sampai grouting mencapai kedalaman yang ditentukan. Pengeboran tahap selanjutnya tidak akan diawali sampai 4 jam lewat setelah selesainya kerja grouting, dan tiap tahap tidak boleh melebihi kedalaman yang ditentukan. Kedalaman lubang bor akan diperiksa oleh Direksi sebelum grouting tahap akhir.

- Lubang percontohan seperti yang ditunjukkan pada Gambar akan dibor pertama sebelum lubang primer dibor. Lubang percontohan harus dibor inti dan harus membentuk lubang curtain grouting.
- Untuk lubang sekunder dan tersier pada daerah kedua, grouting akan dilakukan dengan menaikkan tahapan. Metode ini akan mengebor lubang hingga kedalaman akhir yang ditentukan, selanjutnya grouting dengan tahap 5 m dengan menaikkan packer dari bawah ke atas lubang.
- Sebelum grouting masing-masing tahapan setelah selesainya pengeboran, lubang akan dicuci seluruhnya dengan air bersih dari ujung rod bor yang dimasukkan ke lubang. Pencucian akan terus dilakukan hingga tak kurang dari 10 menit dan sampai air sisa pencucian jernih. Setelah pencucian, tiap

lubang akan ditutup untuk mencegah masuknya material asing. Pengeboran yang lebih dekat 8 m dari tahap lubang yang digROUTING atau yang telah digROUTING 4 jam sebelumnya tidak diijinkan. Dengan metode tahap mundur, lubang akan dicuci seluruhnya sebelum grouting pada tahapan yang paling rendah.

- Sebelum grouting, pengujian tekanan air akan dilakukan di lubang yang selesai dibor.

2. Blanket grouting

Metode pelaksanaan blanket grouting adalah sebagai berikut:

- Menggunakan peralatan pengeboran rotary yang mampu mengebor hingga kedalaman 15 m dengan diameter lubang tak kurang dari 45 mm. Bor perkusi akan dilengkapi dengan water swivel atau alat lainnya untuk penggelontoran lubang secara terus menerus.
- Blanket grouting akan dilakukan di pondasi daerah inti kedap air pada bendungan.
- Lubang dengan kedalaman 5 m dan 10 m pada batu, akan disusun pada jarak 2 - 3 m pada garis paralel pada garis curtain grouting dan pada jarak masing-masing 2 m.
- Diameter lubang tak boleh kurang dari 45 mm. Blanket grouting akan dilakukan sebelum dimulainya curtain grouting.
- Blanket grouting akan dilakukan dengan tahap sepanjang 5 m. Prosedur dan metode pengeboran sama seperti yang dijelaskan pada curtain grouting.

3. Rim grouting

Metode pelaksanaan rim grouting adalah sebagai berikut:

- Menggunakan peralatan pengeboran yang mampu mengebor hingga kedalaman 100m. Bor bit dengan diameter tak kurang dari 45 mm. Deviasi lubang bor sesuai dengan posisi yang direncanakan tidak boleh melebihi 3% dari bagian melintangnya.
- Lubang akan direncanakan di jalan yang sama seperti curtain grouting
- Ukuran lubang, prosedur pengeboran sama seperti yang dijelaskan pada curtain grouting

3. Analisa kebutuhan alat berat dan waktu

Berikut adalah kebutuhan alat berat dalam pekerjaan drilling/ pemboran yang akan dijelaskan sebagai berikut dan terlampir dalam **lampiran**

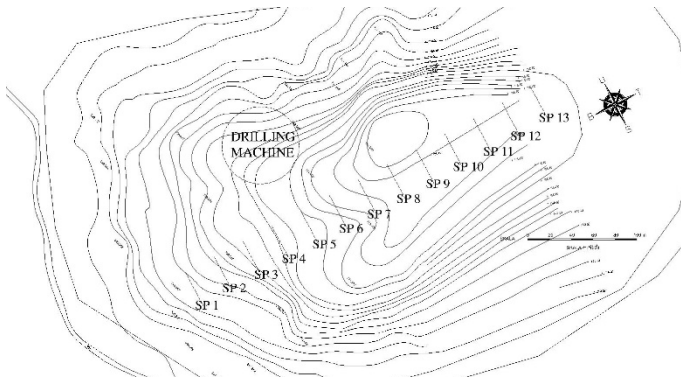
10.C2 sampai 11.C2.

A. *Drilling Machine, KOMATSU 285XPC*

- | | |
|--|------------------------|
| 1. Jenis alat berat | : KOMATSU 285XPC |
| 2. Kapasitas produksi (Q) | : 35,50 m/jam |
| 3. Volume pekerjaan (V) | : 1.164 m ³ |
| 4. Waktu pelaksanaan (H) | : 7 bulan |
| 5. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H ₁) | : 175 hari |
| 6. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H ₂) | : 1.225 jam |
| 7. Jumlah alat yang direncanakan (M) | : 0,03 unit |
| 8. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) | : 1 unit |

4. Pengaturan alat berat

Setelah dihitung kebutuhan alat berat untuk pekerjaan drilling dan grouting, maka berikut merupakan visualisasi pengaturan alat berat pada proses pekerjaan drilling. Dengan alat berat sesuai perhitungan yang tergambar dalam visualisi berikut.

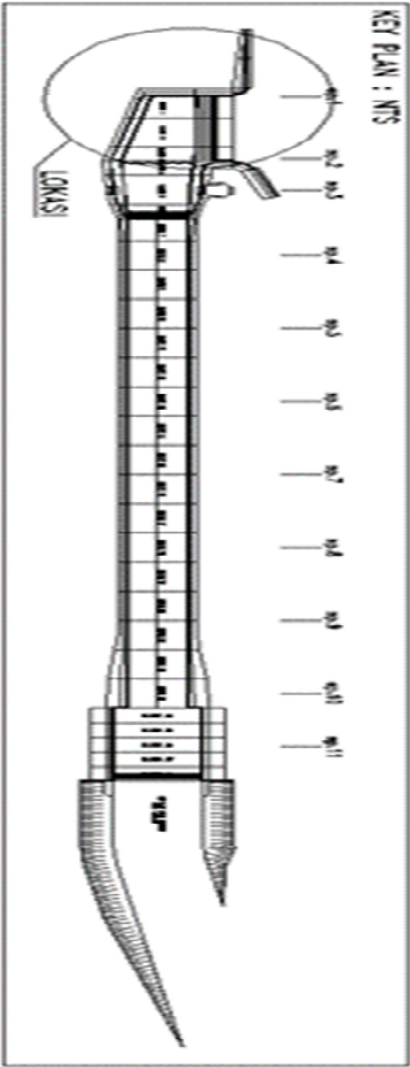


Gambar 4.63 Visualisasi pada drilling

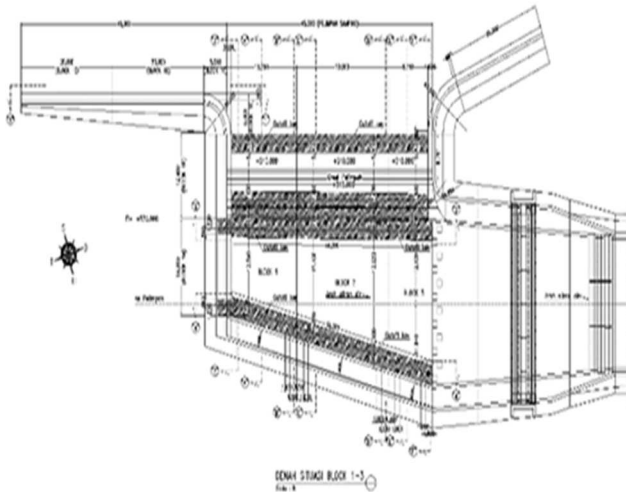
4.5 Pekerjaan Pembetonan

1. Gambar kerja

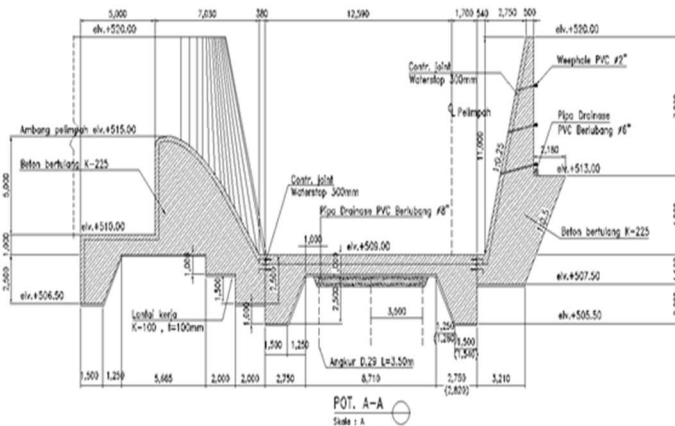
Volume beton yang diperlukan seluruhnya diperkirakan sekitar 35.599,58 m³ dan rencana pelaksanaannya selama 26 (dua puluh enam) bulan, dengan rincian beton mutu K100 volume 1.317,82 m³ dan volume 34.281,76 m³ untuk mutu K225. Panjang water stop 1910 m. Penempatan beton pada control weir dilaksanakan setelah pekerjaan curtain grouting dan urugan random dan pekerjaan beton untuk peredam energi dilaksanakan pada tahap akhir pekerjaan beton. Beton diproduksi dengan batching plant, truck mixer dan concrete pump yang dipasang dekat hilir lokasi bendungan, diangkut ke lokasi penempatan beton dengan truck mixer 3,5 m³. Pekerjaan beton dilakukan dengan concrete pump. Segera setelah beton ditempatkan, beton dipadatkan dengan menggunakan vibrator, untuk menghindari celah-celah. Juga, permukaan beton akan dirawat dengan dibasahi dengan dipercik atau dengan karung basah. Berikut adalah gambar kerja pembetonan, dijelaskan pada gambar 4.64, 4.65 dan 4.66 sebagai berikut:



Gambar 4.64 Denah lokasi pembetonan
(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)



Gambar 4.65 Detail pelimpah yang akan di beton
(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)



Gambar 4.66 Situasi pembetonan potongan melintang bangunan pelimpah
(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

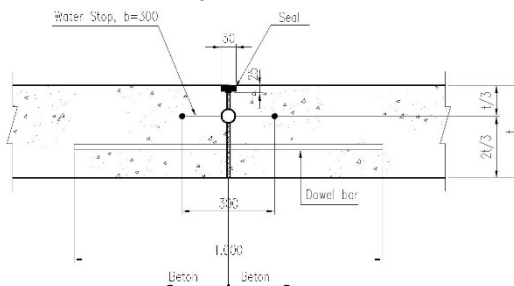
2. Metode pelaksanaan

1. Persiapan pelaksanaan

Hal yang perlu diperhatikan di dalam pekerjaan *spillway* adalah pelaksanaan pekerjaan pembetonan. Untuk mendapatkan bentuk sesuai desain yang direncanakan, diperlukan metode yang baik dalam pelaksanaannya. Untuk pekerjaan galian, setiap tahapan (terasering) harus benar-benar sesuai dengan ketentuan yang ditentukan. Pelaksanaan pengecoran dapat dilaksanakan dalam 2 bagian, yaitu:

A. Bagian lantai:

- Pengecoran dilaksanakan dengan system papan catur per 20 m.
- Sambungan antar segment beton terdapat waterstop dengan dowel bar dan joint filler.



CONTRACTION JOINT DENGAN DOWEL BAR

Gambar 4.67 Waterstop dengan dowel bar dan joint filler

(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

B. Bagian dinding

- Untuk pekejaan beton dibagi menjadi 2 tahap pengecoran, pengecoran pondasi dan pengecoran dinding.
- Sambungan antar segment beton terdapat waterstop dengan dowel bar dan joint filler.

2. Lantai kerja

Setelah pekerjaan galian, dilakukan penyiapan lantai kerja dengan beton mutu K100. Pekerjaan lean concrete dilaksanakan sesuai dengan panjang *spillway*. Pekerjaan bekisting di tepi memanjang dan melintang yang berfungsi sebagai pembatas pengecoran, bekisting yang digunakan dari plat baja dengan rangka besi siku. Pekerjaan lean concrete dikerjakan secara manual dengan concrete pump dan pemadatannya menggunakan vibrator. Alat yang digunakan adalah:

- Batching plant
- Truck mixer
- Concrete pump
- Concrete vibrator

3. Pemasangan besi tulangan

Pembesian untuk bangunan pelimpah terdiri dari besi ulir dengan diameter sesuai gambar dan terlampir dalam. Pemasangan ini dilakukan sesuai desain dengan jumlah dan jarak pembesian sesuai dengan yang ditentukan. Pemasangan pembesian ini diikat dengan kawat lidi sedemikian rupa sehingga tidak mudah bergeser ataupun berubah posisi/lepas. Pekejaan pemasangan besi tulangan dilaksanakan setelah lantai kerja selesai

dikerjakan. Pekerjaan pembesian menggunakan alat-alat sebagai berikut:

- Bar cutter
- Bar bender
- Truck flat bad
- Gunting besi manual
- Alat bantu lainnya.

4. Pemasangan bekisting

Bekisting dipasang setelah besi dipasang dan diinspeksi oleh konsultan pengawas. Untuk menjaga selimut beton, maka besi terluar dipasang beton decking dengan ketebalan sesuai desain selimut beton yang ditentukan. Bekisting yang dipasang menggunakan pelat baja $t = 4$ mm atau multiplex ketebalan 12 mm dan dipasang secara manual dengan bantuan service crane dengan handtools oleh tukang terampil. Alat-alat yang diperlukan dalam pekerjaan ini adalah sebagai berikut:

- Crane service
- Truck flat bad
- Gergaji, dan alat bantu lainnya.

Pada pemasangan bekisting terdapat hitungan dalam memenuhi produktivitas dan kebutuhan material yang akan digunakan dalam pekerjaan pembeconan. Perhitungan produktivitas material akan kami lampirkan pada **lampiran 18**. Namun untuk merencanakan dan menentukan kebutuhan material bekisting akan kami jelaskan sebagai berikut:

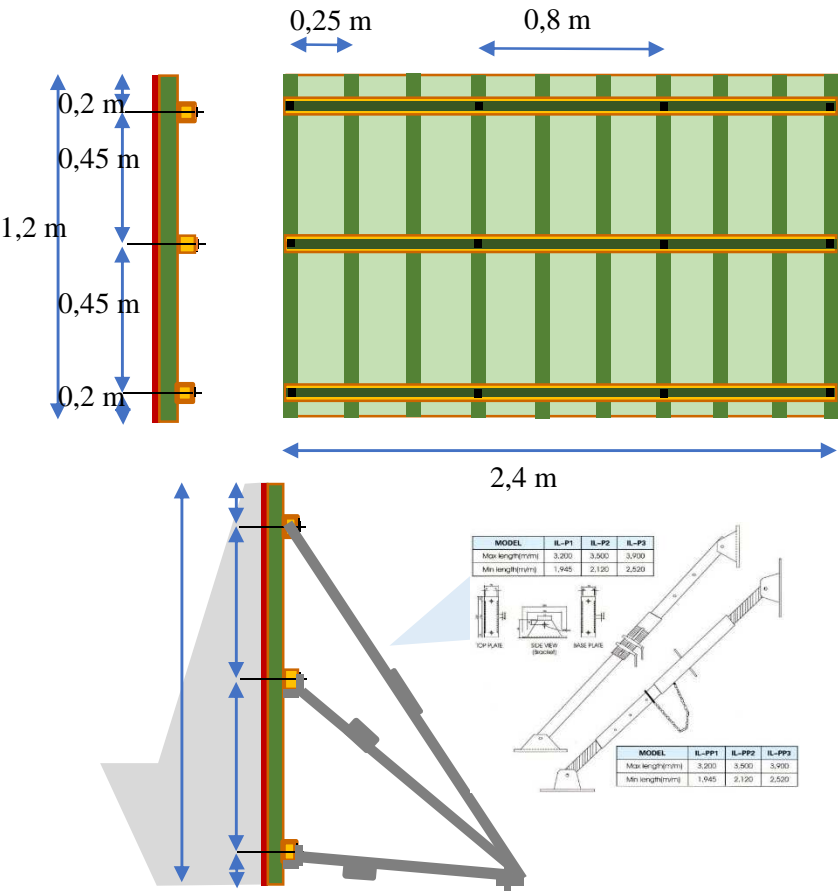
A. Dalam merencanakan bekisting pada Bendungan Gondang terdapat data sebagai berikut:

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
Tinggi dinding tertinggi	hdinding	4,2	m	Karena pembeconan dikerjakan perblok, dan tinggi dinding spillway tiap blok berbeda-beda maka diambil dinding tertinggi
Tebal dinding dasar terpendek	bdinding	2,25	m	Dengan semakin pendek jarak antar tulangan maka tekanan horizontal pada dinding semakin besar
Kecepatan beton menajak	vup	3	m/jam	Spesifikasi semburan Concrete Pump

B. Kebutuhan material dalam merencanakan bekisting, adalah sebagai berikut:

No	Nama Item	Ukuran Perencanaan (mm) l x p	Ukuran Pasar (mm) l x p	Dimensi Spillway (mm) L	Kebutuhan Pasar (buah)	Akumulasi Kebutuhan (buah)
1.	Papan Kayu/ Multipleks (15 x 100 m ²)	1200 x 2400	1200 x 2440	2500 x 20000	1	16,80 ≈ 17 lembar
2.	Kayu reng/ kaso (8 x 12 m ²)	p= 2400	p= 4000	p= 20000	1,67	8,33 ≈ 9 buah
3.	Kayu reng/ kaso (8 x 12 m ²)	p= 2400	p= 4000	p= 20000	1,67	8,33 ≈ 9 buah

4.	Kayu reng/ kaso (8 x 12 m ²)	p= 2400	p= 4000	p= 20000	1,67	8,33 ≈ 9 buah
5.	Baja D0,6m x 3,5m ²	12 titik	--		-	12 buah

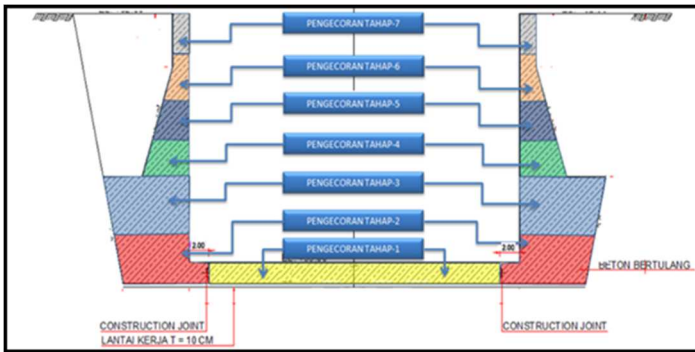


5. Pengecoran

Setelah bekisting diinspeksi dan dicek dimensi, selimut beton dan vertikalitasnya selanjutnya dilakukan pekerjaan pengecoran menggunakan *concrete pump*. Sebelum beton dituangkan pada bekisting yang sudah siap, beton terlebih dahulu dilakukan slump test dan pengambilan beberapa sampel (untuk uji tekan) di lapangan. Uji slump ini untuk menentukan penurunan slump. Pada pekerjaan ini, penurunan slump test yang diijinkan adalah berkisar 13 – 15 cm. Proses pengecoran pada lantai maupun dinding dilaksanakan dalam beberapa tahapan cor. Setelah pengecoran tahap pertama selesai kemudian dilanjutkan pemasangan bekisting tahap selanjutnya, kemudian pengecoran, dan begitu seterusnya hingga mencapai elevasi tertentu dan sesuai desain. Pekerjaan pengecoran ini membutuhkan alat-alat seperti:

- Batching plant
- Truck mixer
- Concrete plant
- Beton vibrator

Pekerjaan pengecoran dinding penahan *spillway* dilaksanakan dengan bertahap dari elevasi dasar saluran *spillway* terbawah menuju ke elevasi teratas beton seperti ilustrasi berikut:

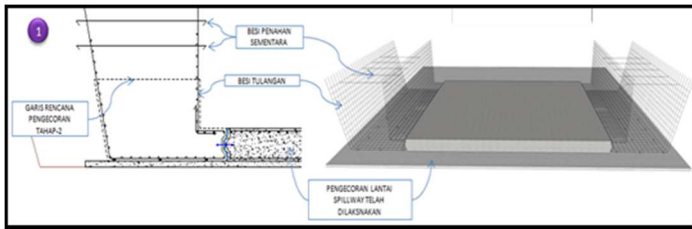


Gambar 4.68 Tahapan pengecoran pada bangunan pelimpah (*spillway*)

(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

Setelah dijelaskan mengenai pengecoran untuk bangunan pelimpah, maka berikut merupakan tahapan pengecoran spesifik dan dibagi menjadi 3 (tiga) tahapan/ bagian utama, dijelaskan sebagai berikut:

- A. Pengecoran Tahap-1 (Stage-1)
 - a. Pengukuran untuk pembuatan marking elevasi dan dimensi dinding penahan tanah dan saluran *spillway*.
 - b. Pembuatan lantai kerja dengan *lean concrete*.
 - c. Fabrikasi dan instalasi besi tulangan, disertai pemasangan beton decking untuk mendapatkan ketebalan selimut beton yang dipersyaratkan.
 - d. Fabrikasi dan pemasangan bekisting, termasuk pada sambungan beton dan pemasangan waterstop. Bekisting difabrikasi di workshop dan kemudian dipasang di lokasi. Material bekisting adalah multiplex ketebalan 12 mm, disertai rangka dari balok kayu 5/5, dengan jarak pemasangan horisontal 40 s/d 50 cm dan jarak pemasangan vertikal 50 s/d 60 cm.



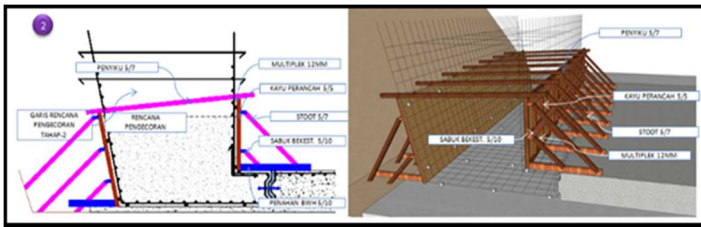
Gambar 4.69 Tampak proses pengecoran lantai bangunan pelimpah (*spillway*)

(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

- e. Persiapan peralatan dan tenaga kerja untuk pengecoran dengan *readymix*.
- f. Armada *truck mixer* menuangkan beton ke tempat pengecoran satu per satu, bila diperlukan menggunakan *concrete pump* untuk bagian yang tak terjangkau.
- g. Saat penghamparan beton, disertai pula dengan pemadatan memakai hand *concrete vibrator*.
- h. Proses perawatan (*curing*)

B. Pengecoran Tahap-2 (Stage-2)

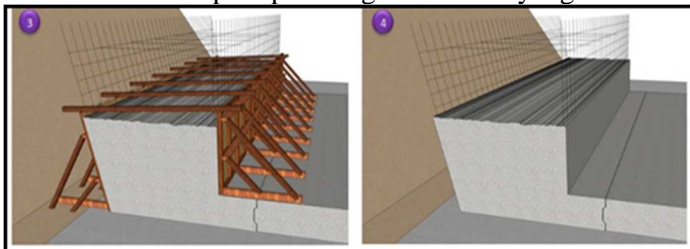
- a. Setelah dilaksanakan pekerjaan pengecoran Tahap-1 (Bagian Lantai saluran *spillway*), maka selanjutnya dilaksanakan Pengecoran Tahap-2, pada sambungan lantai dan dinding penahan tanah.
- b. Fabrikasi dan instalasi besi tulangan, disertai pemasangan beton decking untuk mendapatkan ketebalan selimut beton yang dipersyaratkan, termasuk pula pada bagian struktur yang vertical.
- c. Pemasangan bekisting, termasuk pada sambungan beton dan pemasangan *waterstop*.



Gambar 4.70 Tampak proses pengecoran dinding bangunan pelimpah (*spillway*)

(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

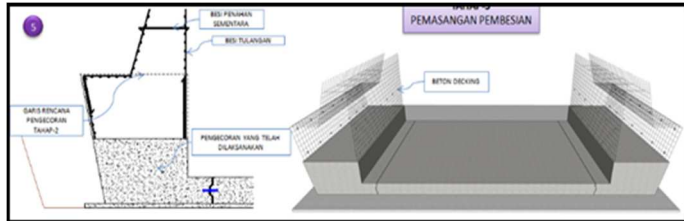
- d. Memasang besi penahan sementara (*splice bar*) agar besi yang telah dipasang tidak berubah dari posisinya akibat guncangan.
 - e. Persiapan peralatan dan tenaga kerja untuk pengecoran dengan *readymix*.
- C. Pengecoran Tahap-3 (Stage-3)
1. Setelah dilaksanakan pekerjaan pengecoran Tahap-2, maka selanjutnya dilaksanakan Pengecoran Tahap-3, pada bagian dinding penahan tanah di atas bagian dari Tahap-2.
 2. Fabrikasi dan instalasi besi tulangan, disertai pemasangan beton decking untuk mendapatkan ketebalan selimut beton yang dipersyaratkan, termasuk pula pada bagian struktur yang vertikal.



Gambar 4.71 Tampak tahapan akhir pengecoran dinding dan lantai bangunan pelimpah (*spillway*)

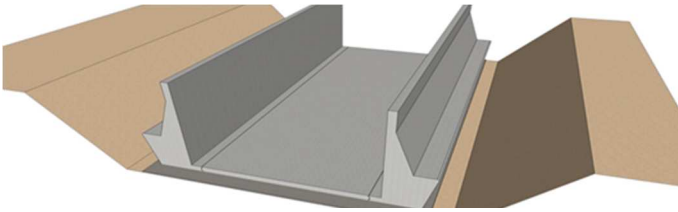
(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

3. Pemasangan bekisting, termasuk pada sambungan beton dan pemasangan waterstop.



Gambar 4.72 Tampak tahapan akhir pengecoran dinding dan lantai bangunan pelimpah (*spillway*)
(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

4. Memasang besi penahan sementara (*splice bar*) agar besi yang telah dipasang tidak berubah dari posisinya akibat guncangan.
 5. Persiapan peralatan dan tenaga kerja untuk pengecoran dengan *readymix*.
- D. Pengecoran Tahap-4 (Stage-4) sampai dengan Tahap-7 (Stage-7)
- a. Setelah dilaksanakan pekerjaan pengecoran Tahap-3, maka selanjutnya dilaksanakan Pengecoran Tahap-4 dan berturut-turut Tahap-5, Tahap-6 hingga Tahap-7.
 - b. Proses pembetonan juga menggunakan cara yang seperti pada Tahap-2 ataupun Tahap-3, hanya saja bila mungkin terjadi, panjang besi arah vertikal ataupun horisontal terdapat kekurangan, perlu dilakukan penyambungan, baik dengan bendrat maupun dengan las titik.
 - c. Ilustrasi akhir dari saluran dan dinding penahan tanah *spillway* akan tampak seperti berikut ini.



Gambar 4.73 Visualisasi akhir proses pengecoran bangunan pelimpah (*spillway*)

(Sumber: PT. Waskita Karya Bendungan Gondang)

6. Sambungan beton

Batang dowel merupakan saran yang digunakan sebagai penyambung / pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton maupun dinding beton. Untuk sambungan antar beton harus menggunakan watersop w 320 untuk mencegah terjadinya kebocoran dan pada permukaan harus dipasang seal.

7. Curing

Segera setelah permukaan pengecoran difinishing dan mulai setting, maka pekerjaan curing diperlukan untuk menjaga kualitas beton. Curing permukaan atas beton menggunakan karung goni basah yang ditutupkan ke permukaan beton. Beton tetap dijaga basah selama 7 hari secara terus menerus. Untuk permukaan vertika, curing dilakukan setelah bekisting dibuka. Curing menggunakan compound yang disemprotkan secara merata ke permukaan beton dengan alat penyemprot yang merupakan kombinasi dari compressor angin dan pompa air.

3. Analisa produktifitas alat berat

Berikut adalah perhitungan kebutuhan alat berat yang dibutuhkan dalam pekerjaan pembetonan mutu K100 dan K225 yang selanjutnya akan dijelaskan sebagai berikut dan dilampirkan dalam **lampiran 12.D1 sampai 17.D2**.

1. Untuk Mutu K100

A. *Truck Mixer, HINO DUTRO 130 HD MIXER*

1. Jenis alat berat : HINO DUTRO 130 HD MIXER
2. Kapasitas produksi (Q) : 13,32 m³/jam
3. Kapasitas bucket (V) : 6 m³
4. Faktor efisiensi alat (F_a) : 0,80
5. Waktu siklus (T_s) : 17,30 menit
6. Waktu mengisi (T₁) : 12,80 menit
 - a. Kapasitas produksi *batching plant* (Q_{BTC}) : 22,50 m³/jam
7. Waktu tempuh isi (T₂) : 2,70 menit
 - a. Jarak angkut isi (L₁) : 0,90 km
 - b. Kecepatan rata-rata bermuatan isi (V₁) : 20 km/jam
8. Waktu tempuh kosong (T₃) : 1,35 menit
 - a. Jarak angkut kosong (L₂) : 0,90 km
 - b. Kecepatan rata-rata kosong (V₂) : 40 km/jam
9. Waktu lain-lain (T₃) : 0,45 menit
 - a. Waktu ganti perseneling (t₁) : 0,10 menit
 - b. Waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai (t₂) : 0,10 menit
 - c. Waktu untuk pengisian dan loader mulai mengisi (t₃) : 0,25 menit

B. *Batching Plant, ELBA EBC D 30*

1. Jenis alat berat : ELBA EBC D 30

2. Kapasitas produksi (Q) : 22,50 m³/jam
3. Kapasitas produksi mixer (V) : 750 m³
4. Faktor efisiensi alat (F_a) : 0,75
5. Waktu mengisi (T₁) : 0,5 menit
6. Waktu mengaduk (T₂) : 0,5 menit
7. Waktu menuang (T₃) : 0,25 menit
8. Waktu menunggu (T₄) : 0,25 menit
9. Waktu siklus (T_s) : 1,5 menit

C. *Concrete Pump, VOLVO PUTMASTER BSA 2109D*

1. Jenis alat berat : *VOLVO PUTMASTER BSA 2109D*
2. Kapasitas produksi (Q) : 57 m³/jam
3. Volume pekerjaan (V) : 1.317,82 m³
4. Jangkauan verikal : 0,75 meter
5. Jangkauan horizontal : 0,5 meter
6. Diameter pipa beton : 0,5 meter

2. Untuk Mutu K225

A. *Truck Mixer, HINO DUTRO 130 HD MIXER*

1. Jenis alat berat : *HINO DUTRO 130 HD MIXER*
2. Kapasitas produksi (Q) : 13,32 m³/jam
3. Kapasitas bucket (V) : 6 m³
4. Faktor efisiensi alat (F_a) : 0,80
5. Faktor pengembangan tanah (F_k) : 1,25
6. Waktu siklus (T_s) : 17,30 menit
 - a. Waktu mengisi (T₁) : 12,80 menit
 - b. Kapasitas produksi *batching plant* (QBTC) : 22,50 m³/jam
7. Waktu tempuh isi (T₂) : 2,70 menit
 - a. Jarak angkut isi (L₁) : 0,90 km
 - b. Kecepatan rata-rata bermuatan isi (V₁) : 20 km/jam
8. Waktu tempuh kosong (T₃) : 1,35 menit
 - a. Jarak angkut kosong (L₂)

- b. Kecepatan rata- rata kosong (V_2) : 40 km/jam
 - 9. Waktu lain-lain (T_3) : 0,45 menit
 - a. Waktu ganti perseneling (t_1)
 - b. Waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai (t_2) : 0,10 menit
 - c. Waktu untuk pengisian dan loader mulai mengisi (t_3) : 0,25 menit
- B. *Batching Plant, ELBA EBC D 30*
 - 1. Jenis alat berat : *ELBA EBC D 30*
 - 2. Kapasitas produksi (Q) : 22,50 m³/jam
 - 3. Kapasitas produksi mixer (V) : 750 m³
 - 4. Faktor efisiensi alat (F_a) : 0,75
 - 5. Waktu mengisi (T_1) : 0,5 menit
 - 6. Waktu mengaduk (T_2) : 0,5 menit
 - 7. Waktu menuang (T_3) : 0,25 menit
 - 8. Waktu menunggu (T_4) : 0,25 menit
 - 9. Waktu siklus (T_s) : 1,5 menit
- C. *Concrete Pump, VOLVO PUTMASTER BSA 2109D*
 - 1. Jenis alat berat : *VOLVO PUTMASTER BSA 2109D*
 - 2. Kapasitas produksi (Q) : 57 m³/jam
 - 3. Volume pekerjaan (V) : 34.281,76 m³
 - 4. Jangkauan verikal : 0,75 meter
 - 5. Jangkauan horizontal : 0,5 meter
 - 6. Diameter pipa beton : 0,5 meter

4. Analisa kebutuhan alat berat dan waktu

Berikut adalah analisa kebutuhan jumlah alat berat yang dibutuhkan untuk pekerjaan pembetonan perhitungan akan dijelaskan dibawah ini dan terlampir dalam lampiran 12.D1 sampai 17.D2.

1. Untuk Mutu K100

A. *Truck Mixer, HINO DUTRO 130 HD MIXER*

1. Volume pekerjaan (V) : 1.317,82 m³
2. Kapasitas produksi alat (Q) : 13,32 m³/jam
3. Waktu pelaksanaan (H) : 450 hari
4. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H1) : 12,37 hari
5. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) : 98,95 jam
6. Jumlah alat yang direncanakan dan dibutuhkan (M) : 8 unit

B. *Batching Plant, ELBA EBC D30*

1. Kapasitas produksi (Q) : 22,50 m³/jam
2. Volume pekerjaan (V) : 1.317,82 m³
2. Waktu pelaksanaan (H) : 450 hari
3. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H1) : 58,57 hari
4. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) : 468,56 jam
5. Jumlah alat yang direncanakan (M) : 0,13 unit
6. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) : 1 unit

C. *Concrete Pump, VOLVO PUTMASTER 2109D*

1. Kapasitas produksi (Q) : 57 m³/jam
2. Volume pekerjaan (V) : 1.317,82 m³
3. Waktu pelaksanaan (H) : 450 hari
4. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H1) : 23,12 hari
5. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) : 184,96 jam
6. Jumlah alat yang direncanakan (M) : 0,13 unit
7. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) : 1 unit

2. Untuk Mutu K225

A. *Truck Mixer, HINO DUTRO 130 HD MIXER*

1. Volume pekerjaan (V) : 34.281,76 m³
2. Kapasitas produksi alat (Q) : 13,32 m³/jam
3. Waktu pelaksanaan (H) : 450 hari
4. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H1) : 321,76 hari
5. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) : 2.574,11 jam
6. Jumlah alat yang direncanakan dan dibutuhkan (M) : 8 unit

B. Batching Plant, ELBA EBC D30

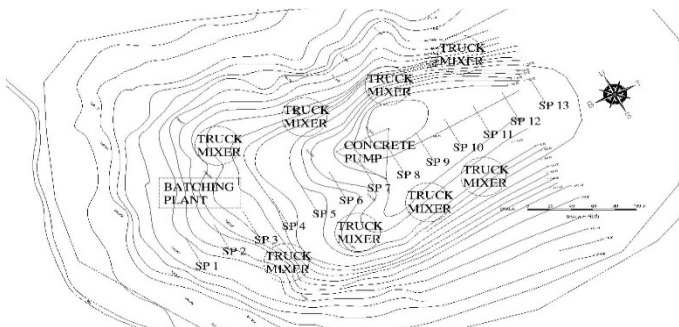
1. Kapasitas produksi (Q) : 22,50 m³/jam
2. Volume pekerjaan (V) : 34.281,76 m³
3. Waktu pelaksanaan (H) : 650 hari
4. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H1) : 1.523,63 hari
5. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) : 5.200 jam
6. Jumlah alat yang direncanakan (M) : 0,29 unit
7. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) : 1 unit

C. Concrete Pump, VOLVO PUTMASTER 2109D

1. Kapasitas produksi (Q) : 57 m³/jam
2. Volume pekerjaan (V) : 34.281,76 m³
3. Waktu pelaksanaan (H) : 650 hari
4. Kebutuhan hari/ pekerjaan (H1) : 601,43 hari
5. Kebutuhan jam/ pekerjaan (H2) : 4.210,04 jam
6. Jumlah alat yang direncanakan (M) : 0,14 unit
7. Jumlah alat yang dibutuhkan (B) : 1 unit

5. Pengaturan alat berat

Setelah dihitung kebutuhan alat berat untuk pekerjaan pembetonan, maka berikut ini merupakan visualisasi pengaturan alat berat pada proses pekerjaan pembetonan. Dengan alat berat sesuai perhitungan yang tergambar dalam visualisi berikut.



Gambar 4.74 Visualisasi pembetonan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa proyek ini, maka didapatkan kesimpulan bahwa: Pada proses pembangunan bangunan pelimpah (*spillway*) Bendungan Gondang terdiri dari 9 (sembilan) tahapan pekerjaan. Antara lain: pekerjaan pemetaan BM dengan GPS Geodetic, pekerjaan pemetaan BM dan As Spillway dengan Total Station, pekerjaan clearing stripping grubbing, pekerjaan galian tanah, pekerjaan galian batu, pekerjaan drilling/ pemboran, pekerjaan grouting, dan pekerjaan pembetonan K-100 K-225.

1. Tahapan metode pelaksanaan tersebut terdiri atas 9 (sembilan) pekerjaan, yaitu:
 - A. Pekerjaan Pemetaan:
 - A1. Pekerjaan Pemetaan dengan alat GPS Geodetic, alat yang digunakan:
 - GPS Geodetic, type TOPCON HIPER SR sebanyak 1 unit
 - Durasi pekerjaan selama 1 hari
 - A2. Pekerjaan Pemetaan dengan alat Total Station, alat yang digunakan:
 - Total Station, type TOPCON ES 101 sebanyak 1 unit
 - Durasi pekerjaan selama 1 hari
 - B. Pekerjaan Tanah

Pada tahap pekerjaan tanah ada 3 (tiga) macam jenis pekerjaan, yaitu: pekerjaan clearing stripping grubbing dan pekerjaan galian tanah dan pekerjaan galian batu.

B1. Pekerjaan clearing, grubbing dan stripping
Alat yang digunakan:

- Bulldozer, type CATERPILLAR D6K sebanyak 1 unit
- Excavator, type VOLVO EC210B PRIME sebanyak 1 unit
- Dump Truck, type MITSUBISHI FUSO FN 627 sebanyak 1 unit

Durasi pekerjaan: 5 bulan

B2. Pekerjaan Galian Tanah

Alat yang digunakan:

- Excavator, type VOLVO EC210B PRIME sebanyak 2 unit
- Dump Truck, type MITSUBISHI FUSO FN 627 sebanyak 3 unit

Durasi pekerjaan: 5 bulan

B3. Pekerjaan Galian Batu

Alat yang digunakan:

- Excavator, type VOLVO EC210B PRIME sebanyak 2 unit
- Jack Hammer, type KOMATSU H75E sebanyak 1 unit
- Dump Truck, type MITSUBISHI FUSO FN 627 sebanyak 5 unit

Durasi pekerjaan: 15 bulan

C. Pekerjaan Perbaikan Pondasi

Pada tahapan pekerjaan perbaikan pondasi, ada 2 (dua) jenis pekerjaan. Yaitu: pekerjaan grouting dan pekerjaan pemboran/ drilling.

C1. Pekerjaan Drilling/ pemboran

Alat yang digunakan:

- Drilling Machine, type KOMATSU 285XPC sebanyak 1 unit

Durasi pekerjaan: 5 bulan

C2. Pekerjaan Grouting

Alat yang digunakan:

- Grout Pump, type MARMOTTA MP13 sebanyak 1 unit
- Grout Mixer, type COLMIXER CP500 sebanyak 1 unit

Durasi pekerjaan: 3 bulan

D. Pekerjaan Pambetonan

Pekerjaan pambetonan terdapat 2 jenis tipe mutu yang digunakan: K-100 dan K225.

D1. Pekerjaan pambetonan K-100

Alat yang digunakan:

- Concrete Pump, type VOLVO PUTMASTER BSA 2109 D sebanyak 1 unit
- Batching Plan, type ELBA EBC D 30 sebanyak 1 unit
- Truck Mixer, type HINO DUTRO 130 HD MIXER sebanyak 8 unit

Durasi pekerjaan: 13 bulan

D2. Pekerjaan pembetonan K-225

Alat yang digunakan:

- Concrete Pump, type VOLVO PUTMASTER BSA 2109 D sebanyak 1 unit
- Batching Plan, type ELBA EBC D 30 sebanyak 1 unit
- Truck Mixer, type HINO DUTRO 130 HD MIXER sebanyak 8 unit

Durasi pekerjaan: 13 bulan

2. Total durasi pekerjaan yang dibutuhkan adalah 1.950 hari kerja atau 35 bulan dalam kalender atau selama 2,9 tahun. Untuk jadwal keseluruhan pemakaian alat berat dan jadwal pekerjaan terlampir dalam lampiran.

5.2 Saran

Diharapkan pada penulisan tugas akhir ini dapat memberikan dampak yang positif dan manfaat bagi para pembaca. Dalam kesalahan penulisan kata, pengejaan kata dalam penyusunan kalimat kami memohon maaf yang sebesar-besarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Pekerjaan Umum. 2008. *Pedoman Pelaksanaan Pemeriksaan Konstruksi berdasarkan Peraturan menteri PU nomor: 06/PRT/M/2008*. Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. *Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013. Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2015. *Tentang Bendungan*. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 27/PRT/M/2015. Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. *Katalog Alat Berat Konstruksi 2013*. Jakarta
- Komisi Keamanan Bendungan. 2003. *Pedoman Kriteria Umum Desain Bendungan 2003*. Jakarta
- Sosrodarsono, Suyono., dalam Rochmanhadi. 1992. *Alat-Alat Berat Dan Penggunaanya*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Perkerjaan Umum.
- Djoko Wilopo. 2009. *Metode Konstruksi dan Alat-Alat Berat*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Susy Fatena Rostiyanti. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- PT. WASKITA KARYA. 2013. *Spesifikasi dan Data Teknis Bendungan Gondang di Kabupaten Karanganyar*. Provinsi Jawa Tengah.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1. B1 pada pekerjaan clearing, grubbing dan stripping.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Excavator, type Volvo EC 210B Prime

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>VOLVO EC210B PRIME</i>				
Kapasitas Bucket (m ³)	V	1,20	m ³	Lampiran Volvo Excavator EC210B Prime
Koefisien Bucket	Fb	1,00	-	Tabel 2.9 (tanah biasa berpasir, kering)
Faktor Efisiensi Alat	Fa	0,75	-	Tabel 2.10 (sedang)
Faktor Pengembangan Tanah	Fk	1,25	-	Tabel 2.13 (tanah liat)
Waktu Siklus	Ts	0,53	menit	Ts= waktu gali + 2x waktu putar + waktu buang
Waktu Gali	-	11,00	detik	Tabel 2.14 (Kedalaman 2m-4m/ rata2)
2x Waktu Putar	-	16,00	detik	Tabel 2.15 (90° + 180°)
Waktu Buang	-	5,00	Ke DumpTruck	Tabel 2.16 (4 : 8)
Kapasitas Produksi	Q	81,00	m ³ /jam	$Q = V \times Fb \times Fa \times 60 / (Fk \times Ts)$

Keterangan:

- a. Faktor *bucket* (F_b) diasumsikan 1 karena kondisi tanah pada sekitar area pekerjaan mempunyai klasifikasi tanah yang sebageian besar adalah tanag biasa, berpasir dan kering.
- b. Faktor efisiensi alat (F_a) diasumsikan 0,75 dengan kondisi sedang dikarenakan alat yang digunakan dalam pekerjaan pada pembangunan Bendungan Gondang adalah alat yang disewa kemudian dipakai pada pembangunan Bendungan Gondang.
- c. Faktor pemngembangan tanah (F_k) diasumsikan 1,25 karena tanah yang ada pada sekitaran area pekerjaan mempunyai klasifikasi tanah liat.
- d. Waktu gali diasumsikan 11 detik karena excavator bekerja dengan kedalaman gali 2m-4m/ rata-rata.
- e. 2x putar excavator diasumsikan 16 detik dengan sudut putar $90^\circ + 180^\circ$.
- f. Waktu muat/ buang excavator ke dalam dump truck diasumsikan 5 detik.

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>VOLVO EC210B PRIME</i>				
Volume Pekerjaan	V	49.739,58	m ³	Tabel 2.1 $Q = V \times F_b \times F_a \times 60 / (F_k \times T_s)$
Kapasitas Produksi Alat	Q	81,00	m ³ /jam	Ts)
Waktu Pelaksanaan	H	180,00	Hari	Data Lapangan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H1	614,07	Jam	V / Q
Kebutuhan Jam/ Hari	H2	76,76	Hari	$H1 / 8$
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	0,43	Unit	$H2 / H$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	1,00	Unit	

Keterangan: Dengan volume sebesar 49.739,58 m³ dan waktu pekerjaan selama 180 hari didapatkan alat berat sejumlah 0,43 unit, namun dibulatkan menjadi 1 unit untuk alat berat excavator pada pekerjaan clearing, grubbing dan stripping.

LAMPIRAN

Lampiran 2. B1 pada pekerjaan clearing, grubbing dan stripping.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Bulldozerr, type Caterpillar D6K

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>CATERPILLAR D6K</i>				
Faktor Koreksi	FK	0,75	-	
Produksi Maksimum Teoritis	PMT	54,78	m ³ /jam	Rumus KB x T
Kapasitas Blade	KB	2,00	m ³	Lampiran Caterpillar D6K
Jumlah Trip per jam	T	27,39	trip/jam	Rumus $T = 60/Ct$
Cycle time	Ct	2,19	menit	Rumus $Ct = J/F + J/R + Z$
Jarak kerja	J	7,50	meter	Asumsi dari data lapangan
Kecepatan maju	F	77,33	m/menit	Tabel 2.7
Kecepatan mundur	R	80,00	m/menit	Tabel 2.7
Waktu untuk pindah transmisi	Z	2,00	menit	Asumsi dari data lapangan
Kapasitas Produksi	Q	41,08	m ³ /jam	$Q = PMT \times FK$

Keterangan:

- Kapasitas blade (KB) didapatkan dari spesifikasi alat berat Bulldozer Caterpillar D6K sebesar 2 m³.
- Kecepatan maju (F) diasumsikan 77,33 m/menit.
- Kecepatan mundur (R) diasumsikan 80 m/menit.

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
CATERPILLAR D6K				
Volume Pekerjaan	V	49.739,58	m ³	Tabel 2.1
Kapasitas Produksi Alat	Q	41,08	m ³ /jam	$Q = V \times F_b \times F_a \times 60 / (F_k \times T_s)$
Waktu Pelaksanaan	H	180,00	Hari	Data Lapangan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H1	1.210,73	Jam	V / Q
Kebutuhan Jam/ Hari	H2	151,34	Hari	$H1 / 8$
Jumlah Alat Yang Direncanakan	B	1,00	Unit	$H2 / H$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	M	1,00	Unit	

Keterangan: Dengan volume sebesar 49.739,58 m³ dan waktu pekerjaan selama 180 hari didapatkan alat berat sejumlah 1 unit bulldozer pada pekerjaan clearing, grubbing dan stripping.

LAMPIRAN

Lampiran 3. B1 pada pekerjaan clearing, grubbing dan stripping.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Dump Truck, type Mitsubishi Fuso FN 527 ML

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>MITSUBUSHI FUSO FN 527ML</i>				
Faktor Efisiensi Alat	Et	0,80	-	Tabel 2.14 (Sedang)
Produksi Per Siklus	C	10,00	m ³ /jam	$C = n \times q1 \times K$
Waktu Siklus Dump Truck	Cmt	7,92	menit	$Cmt = n \times Cms + (D / v1) + t1 + (D / v2) + t2$
Waktu buang + waktu tunggu hingga pembuangan mulai	t1	0,10	menit	Tabel 2.19 (Sedang)
Waktu untuk posisi pengisian + excavator mulai mengisi	t2	0,25	menit	Tabel 2.20 (Sedang)
	v1	20,00	km/jam	Tabel 2.18 (Menanjak)

Kecepatan rata-rata dumptruck bermuatan				
Kecepatan rata-rata dumptruck kosong	v2	40,00	km/jam	Tabel 2.18 (Menanjak)
Jarak angkut dumptruck	D	700,00	m	Data Lapangan
Waktu siklus excavator	Cms	0,53	menit	Perhitungan Produksi Excavator
Jumlah siklus excavator untuk mengisi	n	8,33	kali	$n = C1 / q1 \times K$
Kapasitas rata2 dumptruck	C1	10,00	m ³	Spesifikasi Alat Berat
Kapasitas bucket dari excavator	q1	1,20	m ³	Spesifikasi Alat Berat
Faktor bucket dari excavator	K	1,00	-	Tabel 2.9. (Tanah biasa berpasir, kering)

Keterangan:

- a. Waktu buang + waktu tunggu hingga pembuangan mulai (t_1) diasumsikan 0,10 karena alat berat dengan kondisi sedang.
- b. Waktu untuk posisi pengisian + excavator mulai mengisi (t_2) diasumsikan 0,25 karena alat berat dengan kondisi sedang.
- c. Kecepatan rata-rata dumptruck bermuatan (v_1) diasumsikan 20 km/jam dengan alat berat dalam posisi menaik
- d. Kecepatan rata-rata dumptruck kosong (v_2) diasumsikan 40 km/jam dengan alat berat dalam posisi menaik
- e. Jarak angkut dump truck (D) diasumsikan 700m karena pada lapangan dump truck bekerja pada jarak angkut sebesar 700m.
- f. Kapasitas dump truck diperoleh dari spesifikasi alat berat yaitu sebesar 10 m^3 .
- g. Kapasitas bucket dari excavator diasumsikan $1,20 \text{ m}^3$ berasal dari spesifikasi alat berat.

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>MITSUBUSHI FUSO FN 527ML</i>				
Volume Pekerjaan	V	49.739,58	m ³	Tabel 2.1 $Q = C \times Et \times M \times 60 /$
Kapasitas Produksi Alat	Q	108,68	m ³ /jam	Cmt
Waktu Pelaksanaan	H	180,00	Hari	Data Lapangan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H1	457,67	Jam	V / Q
Kebutuhan Jam/ Hari	H2	57,21	Hari	$H1 / 8$
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	1,79	Unit	$M = Cmt / (Cms * n)$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	2,00	Unit	

Keterangan: Dengan volume sebesar 49.739,58 m³ dan waktu pekerjaan selama 180 hari didapatkan alat berat sejumlah 1,79 unit, namun dibulatkan menjadi 2 unit untuk alat berat dump truck pada pekerjaan clearing, grubbing dan stripping.

LAMPIRAN

Lampiran 4. B2 pada pekerjaan galian tanah.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Excavator, type Volvo EC 210B Prime

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>VOLVO EC210B PRIME</i>				
Kapasitas produksi	Q	76,24	m ³ /jam	$Q = V \times F_b \times F_a \times 60 / (F_k \times T_s)$
Kapasitas bucket	V	1,20	m ³	Lampiran Volvo Excavator EC210B PRIME
Koefisien bucket	F _b	1,00	-	Lihat Tabel 2.9 (Tanah biasa berpasir, kering)
Faktor efisiensi alat	F _a	0,75	-	Lihat Tabel 2.10 (Sedang)
Faktor pengembangan tanah	F _k	1,25	-	Lihat Tabel 2.13
Waktu Siklus	T _s	0,57	menit	$T_s = \text{Waktu gali} + 2 \times \text{Waktuputar} + \text{Waktu buang}$
Waktu gali	-	13,00	detik	Tabel 2.14 (Kedalaman 4m- lebih, sedang)
2 x Waktu putar	-	16,00	detik	Tabel 2.15 (90° + 180°)
Waktu buang	-	5,00	detik	Tabel 2.16

Keterangan:

- a. Faktor *bucket* (F_b) diasumsikan 1 karena kondisi tanah pada sekitar area pekerjaan mempunyai klasifikasi tanah yang sebgayaan besar adalah tanag biasa, berpasir dan kering.
- b. Faktor efisiensi alat (F_a) diasumsikan 0,75 dengan kondisi sedang dikarenakan alat yang digunakan dalam pekerjaan pada pembangunan Bendungan Gondang adalah alat yang disewa kemudian dipakai pada pembangunan Bendungan Gondang.
- c. Faktor pemngembangan tanah (F_k) diasumsikan 1,25 karena tanah yang ada pada sekitaran area pekerjaan mempunyai klasifikasi tanah liat.
- d. Waktu gali diasumsikan 13 detik karena excavator bekerja dengan kedalaman gali 4m-lebih, sedang.
- e. 2x putar excavator diasumsikan 16 detik dengan sudut putar $90^\circ + 180^\circ$.
- f. Waktu muat/ buang excavator ke dalam dump truck diasumsikan 5 detik.

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>VOLVO EC210B PRIME</i>				
Kapasitas Produksi	Q	76,24	m/jam	$Q = V \times Fa \times 60 / 100 \times Ts$
Volume Pekerjaan	V	129.691,26	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	7,00	bulan	Lihat Tabel 2.18 (Sedang)
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	175,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	1.225,00	jam	$H2 = H1/7$
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	1,39	unit	$M = V/(Q \times H2)$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	2,00	unit	

Keterangan: Dengan volume sebesar 129.691,26 m³ dan waktu pekerjaan selama 175 hari didapatkan alat berat sejumlah 1,39 unit, namun dibulatkan menjadi 2 unit untuk alat berat excavator pada pekerjaan galian tanah.

LAMPIRAN

Lampiran 5. B2 pada pekerjaan galian tanah.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Dump Truck, type Mitsubishi Fuso FN 627

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>mitsubishi fuso fn 627</i>				
Kapasitas produksi	Q	34,09	m ³ /jam	$Q = V \times F_a \times 60 / (D \times T_s)$
Kapasitas bak	V	10,00	ton	Lampiran Mitsubishi Fuso FN 627
Faktor efisiensi alat	F _a	0,80	ton	Tabel 2.17 (Sedang)
Berat isi material	D	1,73	ton/m ³	Tabel 2.21 Berat material
Waktu siklus	T _s	8,16	menit	$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$
Waktu muat	T ₁	4,56	menit	$T_1 = V \times 60 / (D \times Q_{Exc})$
Kapasitas produksi Excavator	Q _{Exc}	76,24	m ³ /jam	Perhitungan produksi Excavator
Waktu tempuh isi	T ₂	2,10	menit	$T_2 = (L_1 / v_1) \times 60$
Jarak angkut isi	L ₁	0,70	km	Data Perencanaan

Kecepatan rata-rata bermuatan	v_1	20,00	km/jam	Tabel 2.18
Waktu tempuh kosong	T_3	1,05	menit	$T_3 = (L_2 / v_2) \times 60$
Jarak angkut kosong	L_2	0,70	km	Data Perencanaan
Kecepatan rata-rata kosong	v_2	40,00	km/jam	Tabel 2.18
Waktu lain-lain	T_3	0,45	menit	$T_3 = t_1 + t_2 + t_3$
Waktu ganti perseneling	t_1	0,10	menit	Asumsi
Waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai	t_2	0,10	menit	Asumsi
Waktu untuk posisi pengisian dan untuk loader mulai mengisi	t_3	0,25	menit	Asumsi

Keterangan:

- a. Jarak angkut isi (L1) diasumsikan 700 m berasal dari kondisi eksisting lapangan.
- b. Jarak angkut kosong (L2) diasumsikan 700 m berasal dari kondisi eksisting lapangan.
- c. Kecepatan rata-rata bermuatan (V1) 40 km/jam karena pada eksisting kondisi lapangan adalah daerah menanjak.
- d. Kecepatan rata-rata kosong (V2) diasumsikan 40 km/jam karena pada eksisting kondisi lapangan adalah daerah menanjak.
- e. Waktu ganti perseneling (t1) diasumsikan 0,10.
- f. Waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai (t2) diasumsikan 0,10
- g. Waktu untuk posisi pengisian dan untuk loader mulai mengisi (t3) diasumsikan 0,25

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>MITSUBISHI FUSO FN 627</i>				
Kapasitas Produksi	Q	34,09	m/jam	$Q = V \times Fa \times 60 / 100 \times Ts$
Volume Pekerjaan	V	129.691,26	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	7,00	bulan	Lihat Tabel 2.18 (Sedang)
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	175,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	1.225,00	jam	$H2 = H1/7$
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	3,11	unit	$M = V/(Q \times H2)$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	3,00	unit	

Keterangan: Dengan volume sebesar 129.691,26 m³ dan waktu pekerjaan selama 175 hari didapatkan alat berat sejumlah 3,11 unit, namun dibulatkan menjadi 3 unit untuk alat berat dump truck pada pekerjaan galian tanah.

LAMPIRAN

Lampiran 6. B3 pada pekerjaan galian batu.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Excavator, type Volvo EC 210B Prime

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>VOLVO EC210B PRIME</i>				
Kapasitas produksi	Q	93,34	m ³ /jam	$Q = V \times F_b \times F_a \times 60 / (F_k \times T_s)$
Kapasitas bucket	V	1,20	m ³	Lampiran Volvo Excavators EC210B PRIME, 2014
Koefisien bucket	F _b	1,00	-	Lihat Tabel 2.9 (Tanah biasa berpasir, kering)
Faktor efisiensi alat	F _a	0,75	-	Lihat Tabel 2.11 (Sedang)
Faktor pengembangan tanah	F _k	1,25	-	Lihat Tabel 2.13
Waktu Siklus	T _s	0,46	menit	T _s = Waktu gali + 2 x Waktu putar + Waktu buang

Waktu gali	6,77	detik	Tabel 2.14 (Kedalaman 4m-lebih, sedang)
2 x Waktu putar	16,00	detik	Tabel 2.15 ($90^\circ + 180^\circ$)
Waktu buang	5,00	detik	Tabel 2.16

Keterangan:

- Faktor *bucket* (Fb) diasumsikan 1 karena kondisi tanah pada sekitar area pekerjaan mempunyai klasifikasi tanah yang sebagian besar adalah tanag biasa, berpasir dan kering.
- Faktor efisiensi alat (Fa) diasumsikan 0,75 dengan kondisi sedang dikarenakan alat yang digunakan dalam pekerjaan pada pembangunan Bendungan Gondang adalah alat yang disewa kemudian dipakai pada pembangunan Bendungan Gondang.
- Faktor pemngembangan tanah (Fk) diasumsikan 1,25 karena tanah yang ada pada sekitaran area pekerjaan mempunyai klasifikasi tanah liat.
- Waktu gali diasumsikan 6,77 detik karena excavator bekerja dengan kedalaman gali 4m-lebih, sedang.
- 2x putar excavator diasumsikan 16 detik dengan sudut putar $90^\circ + 180^\circ$.
- Waktu muat/ buang excavator ke dalam dump truck diasumsikan 5 detik.

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>VOLVO EC210B PRIME</i>				
Kapasitas Produksi	Q	93,34	m/jam	$Q = V \times F_b \times F_a \times 60 / (F_k \times T_s)$
Volume Pekerjaan	V	518.765,04	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	15,00	bulan	Lihat Tabel 2.18 (Sedang)
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	375,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	2.625,00	jam	$H1 = H2/7$
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	2,12	unit	$M = V/(Q \times H2)$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	2,00	unit	

Keterangan: Dengan volume sebesar 518.765,04 m³ dan waktu pekerjaan selama 375 hari didapatkan alat berat sejumlah 2,12 unit, namun dibulatkan menjadi 2 unit untuk alat berat excavator pada pekerjaan galian batu.

LAMPIRAN

Lampiran 7. B3 pada pekerjaan galian batu.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Dump Truck, type Mitsubishi Fuso FN 627

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>MITSUBISHI FUSO FN 627</i>				
Kapasitas produksi	Q	37,98	m ³ /jam	$Q = V \times F_a \times 60 / (D \times T_s)$
Kapasitas bak	V	10,00	ton	Lampiran Mitsubishi Fuso FN 627
Faktor efisiensi alat	F _a	0,80	ton	Tabel 2.17 (Sedang)
Berat isi material	D	1,73	ton/m ³	Tabel 2.21 Berat isi material
Waktu siklus	T _s	7,33	menit	$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$
Waktu muat	T ₁	3,73	menit	$T_1 = V \times 60 / (D \times Q_{Exc})$
Kapasitas produksi Excavator	Q _{Exc}	93,34	m ³ /jam	Perhitungan produksi Excavator
Waktu tempuh isi	T ₂	2,10	menit	$T_2 = (L_1 / v_1) \times 60$
Jarak angkut isi	L ₁	0,70	km	Data Perencanaan
Kecepatan rata-rata bermuatan	v ₁	20,00	km/jam	Tabel 2.18

Waktu tempuh kosong	T_3	1,05	menit	$T_3 = (L_2 / v_2) \times 60$
Jarak angkut kosong	L_2	0,70	km	Data Perencanaan
Kecepatan rata-rata kosong	v_2	40,00	km/jam	Tabel 2.18
Waktu lain-lain	T_3	0,45	menit	$T_3 = t_1 + t_2 + t_3$
Waktu ganti perseneling	t_1	0,10	menit	Asumsi
Waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai	t_2	0,10	menit	Asumsi
Waktu untuk posisi pengisian dan untuk loader mulai mengisi	t_3	0,25	menit	Asumsi

Keterangan:

- a. Jarak angkut isi (L1) diasumsikan 700 m berasal dari kondisi eksisting lapangan.
- b. Jarak angkut kosong (L2) diasumsikan 700 m berasal dari kondisi eksisting lapangan.
- c. Kecepatan rata-rata bermuatan (V1) 40 km/jam karena pada eksisting kondisi lapangan adalah daerah menanjak.
- d. Kecepatan rata-rata kosong (V2) diasumsikan 40 km/jam karena pada eksisting kondisi lapangan adalah daerah menanjak.
- e. Waktu ganti perseneling (t1) diasumsikan 0,10.
- f. Waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai (t2) diasumsikan 0,10
- g. Waktu untuk posisi pengisian dan untuk loader mulai mengisi (t3) diasumsikan 0,25

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>MITSUBISHI FUSO FN 627</i>				
Kapasitas Produksi	Q	37,98	m/jam	$Q = V \times F_b \times F_a \times 60 / (F_k \times T_s)$
Volume Pekerjaan	V	518.765,04	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	15,00	bulan	Lihat Tabel 2.18 (Sedang)
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	375,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	2.625,00	jam	$H1 = H2/7$
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	5,20	unit	$M = V/(Q \times H2)$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	5,00	unit	

Keterangan: Dengan volume sebesar 518.765,04 m³ dan waktu pekerjaan selama 375 hari didapatkan alat berat sejumlah 5,20 unit, namun dibulatkan menjadi 5 unit untuk alat berat dump truck pada pekerjaan galian batu.

LAMPIRAN

Lampiran 8. B3 pada pekerjaan galian batu.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Jack Hammer, type Caterpillar H75E

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>Jack Hammer H75E</i>				
Kapasitas produksi	Q	808,27	m ³ /jam	$Q = V \times F_b \times F_a \times 60 / (F_k \times T_s)$
Kapasitas bucket	V	2,38	m ³	Lampiran Jack Hammer H75E
Koefisien bucket	F _b	1,00	-	Tabel 2.9 (Sedang)
Faktor efisiensi alat	F _a	0,80	-	Lihat Tabel 2.17
Faktor pengembangan tanah	F _k	1,25	-	Lihat Tabel 2.13
Waktu gali	T _s	0,11	menit	Tabel 2.14 (Kedalaman 4m-lebih, sedang)

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>Jack Hammer H75E</i>				
Kapasitas Produksi	Q	808,27	m/jam	$Q = V \times F_b \times F_a \times 60 / (F_k \times T_s)$
Volume Pekerjaan	V	518.765,04	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	15,00	bulan	Lihat Tabel 2.18 (Sedang)
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	375,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	2.625,00	jam	$H1 = H2/7$
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	0,24	unit	$M = V/(Q \times H2)$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	1,00	unit	

Keterangan: Dengan volume sebesar 518.765,04 m³ dan waktu pekerjaan selama 375 hari didapatkan alat berat sejumlah 0,24 unit, namun dibulatkan menjadi 1 unit untuk alat berat jack hammer pada pekerjaan galian batu.

LAMPIRAN

Lampiran 9. C1 pada pekerjaan drilling.

Perhitungan kebutuhan alat berat Drilling Machine, type Komatsu 285XPC

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
KOMATSU 285XPC				
Kapasitas Produksi	Q	35,50	m/jam	Spesifikasi Lampiran KOMATSU 285XPC
Volume Pekerjaan	V	1.164,00	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	7,00	bulan	Data Perencanaan
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	175,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	1.225,00	jam	H2= H1/7
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	0,03	unit	$M = V / (Q * H2)$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	1,00	unit	

Keterangan: Volume pekerjaan adalah 1.164,00 m³ dengan waktu pekerjaan 175 hari. Untuk kapasitas alat 35,50 m³/jam didapatkan dari spesifikasi teknis dapat dilihat di lampiran serta didapatkan alat sejumlah 1 unit.

LAMPIRAN

Lampiran 10. C2 pada pekerjaan grouting.

Perhitungan kebutuhan alat berat Grout Pump, type Marmotta MP13

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
MARMOTTA MP13				
Kapasitas Produksi	Q	3,60	m/jam	Spesifikasi Lampiran MARMOTTA
Volume Pekerjaan	V	13,20	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	4,00	bulan	Data Perencanaan
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	100,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	700,00	jam	H2= H1/7
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	0,01	unit	$M = V / (Q * H2)$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	1,00	unit	

Keterangan: Volume pekerjaan adalah 13,20 m³ dengan waktu pekerjaan 100 hari. Untuk kapasitas alat 3,60 m/jam di dapatkan dari spesifikasi teknis dapat dilihat di lampiran. Serta didapatkan alat sejumlah 1 unit.

LAMPIRAN

Lampiran 11. C2 pada pekerjaan grouting.

Perhitungan kebutuhan alat berat Grout Mixer, type Colmixer CP500

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>COLMIXER CP500</i>				
Kapasitas Produksi	Q	8,00	m/jam	Spesifikasi Lampiran COLMIXER
Volume Pekerjaan	V	13,20	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	4,00	bulan	Data Perencanaan
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	100,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	700,00	jam	H2= H1/7
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	0,0024	unit	$M = V / (Q * H2)$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	1,00	unit	

Keterangan: Volume pekerjaan adalah 13,20 m³ dengan waktu pekerjaan 100 hari. Untuk kapasitas alat 3,60 m/jam di dapatkan dari spesifikasi teknis dapat dilihat di lampiran. Serta didapatkan alat sejumlah 1 unit.

LAMPIRAN

Lampiran 12. D1 pada pekerjaan pembeconan K-100.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Truck Mixer, type Hino Dutro 130 HD Mixer

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>HINO DUTRO 130 HD MIXER</i>				
Kapasitas produksi	Q	13,32	m ³ /jam	$Q = V \times F_b \times 60 / (F_k \times T_s)$
Kapasitas bucket	V	6,00	m ³	Lampiran HINO DUTRO 130 HD
Faktor efisiensi alat	F _a	0,80	-	Tabel 2.17 (Sedang)
Faktor pengembangan tanah	F _k	1,25	-	Tabel 2.13
Waktu siklus	T _s	17,30	menit	$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$
Waktu mengisi	T ₁	12,80	menit	$T_1 = V \times 60 / (D \times Q_{Exc})$
Kapasitas produksi Batching Plant	Q _{Btc}	22,50	m ³ /jam	Perhitungan produksi Batching Plant
Waktu tempuh isi	T ₂	2,70	menit	$T_2 = (L_1 / v_1) \times 60$
Jarak angkut isi	L ₁	0,90	km	Data Perencanaan
Kecepatan rata-rata bermuatan	v ₁	20,00	km/jam	Tabel 2.18

Waktu tempuh kosong	T_3	1,35	menit	$T_3 = (L_2 / v_2) \times 60$
Jarak angkut kosong	L_2	0,90	km	Data Perencanaan
Kecepatan rata-rata kosong	v_2	40,00	km/jam	Tabel 2.18
Waktu lain-lain	T_3	0,45	menit	$T_3 = t_1 + t_2 + t_3$
Waktu ganti perseneling	t_1	0,10	menit	Asumsi
Waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai	t_2	0,10	menit	Asumsi
Waktu untuk posisi pengisian dan untuk loader mulai mengisi	t_3	0,25	menit	Asumsi

Keterangan:

- Jarak angkut isi (L_1) diasumsikan 900 m berasal dari kondisi eksisting lapangan.
- Jarak angkut kosong (L_2) diasumsikan 900 m berasal dari kondisi eksisting lapangan.
- Kecepatan rata-rata bermuatan (V_1) 40 km/jam karena pada eksisting kondisi lapangan adalah daerah menanjak.
- Kecepatan rata-rata kosong (V_2) diasumsikan 40 km/jam karena pada eksisting kondisi lapangan adalah daerah menanjak.

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>HINO DUTRO 130 HD MIXER</i>				
Volume Pekerjaan	V	7.113,83	m ³	Tabel 2.1
Kapasitas Produksi Alat	Q	13,32	m ³ /jam	Lampiran HINO DUTRO 130 HD
Waktu Pelaksanaan	H	450,00	Hari	Data Lapangan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H1	534,15	Jam	V / Q
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H2	66,77	Hari	H1 / 8
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	8,00	Unit	

Keterangan: Dengan volume pekerjaan pembeconan K-100 7.113,83 m³, waktu pekerjaan 450 hari. Didapatkan alat berat truck mixer sejumlah 8 unit.

LAMPIRAN

Lampiran 13. D1 pada pekerjaan pembetonan K-100.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Batching Palant, type Elba EBC D30

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>ELBA EBC D 30</i>				
Kapasitas produksi	Q	22,50	m ³ /jam	$Q = V \times F_a \times 60 / 100 \times T_s$
Kapasitas Produksi Mixer	V	750,00	m ³	Lampiran Elba EBC D 30
Faktor Efisiensi Alat	F _a	0,75	-	Lihat Tabel 2.18 (Sedang)
Waktu Mengisi	T ₁	0,50	menit	$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$
Waktu Mengaduk	T ₂	0,50	menit	Asumsi
Waktu Menuang	T ₃	0,25	menit	Asumsi
Waktu Menunggu	T ₄	0,25	menit	Asumsi
Waktu Siklus	T _s	1,50	menit	Asumsi

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>ELBA EBC D 30</i>				
Kapasitas produksi	Q	22,50	m ³ /jam	$Q = V \times Fa \times 60 / 100 \times Ts$
Volume Pekerjaan	V	7.113,83	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	18,00	bulan	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	450,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	316,17	hari	$H1 = V/Q$
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	2.529,36	jam	$H2 = H1/8$
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	0,13	unit	$M = V/(Q \times H2)$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	1,00	unit	

Keterangan: Dengan volume pekerjaan pembetonan K-100 7.113,83 m³, waktu pekerjaan 450 hari. Didapatkan alat berat batching plant sejumlah 1 unit.

LAMPIRAN

Lampiran 14. D1 pada pekerjaan pembetonan K-100.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Concrete Pump, type Volvo Putmaster 2109D

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>VOLVO PUTMASTER BSA 2109 D</i>				
Kapasitas Produksi	Q	57,00	m ³ /jam	Lampiran Volvo Putmaster BSA 2109D
Volume Pekerjaan	V	7.113,83	m ³	Data Perencanaan
Jangkauan Vertikal	-	0,75	meter	Lampiran Volvo Putmaster BSA 2109D
Jangkauan Horizontal	-	0,50	meter	Lampiran Volvo Putmaster BSA 2109D
Diameter Pipa Beton	-	0,50	meter	Lampiran Volvo Putmaster BSA 2109D

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>VOLVO PUTMASTER BSA 2109 D</i>				
Kapasitas Produksi	Q	57,00	m ³ /jam	Lampiran Volvo Putmaster BSA
Volume Pekerjaan	V	7.113,83	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	18,00	bulan	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	450,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	124,80	hari	H1= V/Q
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	998,43	jam	H2= H1/8
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	0,13	unit	M= V/(Q*H2)
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	1,00	unit	

LAMPIRAN

Lampiran 15. D2 pada pekerjaan pembetonan K-225.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Truck Mixer, type Hino Dutro 130 HD Mixer

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>HINO DUTRO 130 HD MIXER</i>				
Kapasitas produksi	Q	13,32	m ³ /jam	$Q = V \times F_b \times 60 / (F_k \times T_s)$
Kapasitas bucket	V	6,00	m ³	Lampiran HINO DUTRO 130 HD
Faktor efisiensi alat	F _a	0,80	-	Tabel 2.17 (Sedang)
Faktor pengembangan tanah	F _k	1,25	-	Tabel 2.13
Waktu siklus	T _s	17,30	menit	$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$
Waktu mengisi	T ₁	12,80	menit	$T_1 = V \times 60 / (D \times Q_{Exc})$
Kapasitas produksi	Q _{Btc}	22,50	m ³ /jam	Perhitungan produksi Batching Plant
Batching Plant				
Waktu tempuh isi	T ₂	2,70	menit	$T_2 = (L_1 / v_1) \times 60$
Jarak angkut isi	L ₁	0,90	km	Data Perencanaan
Kecepatan rata-rata bermuatan	v ₁	20,00	km/jam	Tabel 2.18
Waktu tempuh kosong	T ₃	1,35	menit	$T_3 = (L_2 / v_2) \times 60$

Jarak angkut kosong	L_2	0,90	km	Data Perencanaan
Kecepatan rata-rata kosong	v_2	40,00	km/jam	Tabel 2.18
Waktu lain-lain	T_3	0,45	menit	$T_3 = t_1 + t_2 + t_3$
Waktu ganti perseneling	t_1	0,10	menit	Asumsi
Waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai	t_2	0,10	menit	Asumsi
Waktu untuk posisi pengisian dan untuk loader mulai mengisi	t_3	0,25	menit	Asumsi

Keterangan:

- Jarak angkut isi (L_1) diasumsikan 900 m berasal dari kondisi eksisting lapangan.
- Jarak angkut kosong (L_2) diasumsikan 900 m berasal dari kondisi eksisting lapangan.
- Kecepatan rata-rata bermuatan (V_1) 40 km/jam karena pada eksisting kondisi lapangan adalah daerah menanjak.
- Kecepatan rata-rata kosong (V_2) diasumsikan 40 km/jam karena pada eksisting kondisi lapangan adalah daerah menanjak.

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>HINO DUTRO 130 HD MIXER</i>				
Volume Pekerjaan	V	28.455,33	m ³	Tabel 2.1
Kapasitas Produksi Alat	Q	13,32	m ³ /jam	Lampiran HINO DUTRO 130 HD
Waktu Pelaksanaan	H	500,00	Hari	Data Lapangan
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H1	2.136,62	Jam	V / Q
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	267,08	Hari	H1 / 8
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	8,00	Unit	

Keterangan: Dengan volume pekerjaan pembeconan K-225 28.455,33 m³, waktu pekerjaan 500 hari. Didapatkan alat berat truck mixer sejumlah 8 unit.

LAMPIRAN

Lampiran 16. D2 pada pekerjaan pembetonan K-225.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Batching Plant, type Elba EBC D30

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>ELBA EBC D 30</i>				
Kapaitas Produksi	Q	22,50	m ³ /jam	$Q = V \times F_a \times 60 / 1000 \times T_s$
Kapasitas Produksi Mixer	V	750,00	m ³	Lampiran Elba EBC D 30
Faktor Efisiensi Alat	F _a	0,75	-	Lihat Tabel 2.18 (Sedang)
Waktu Mengisi	T ₁	0,50	menit	$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$
Waktu Mengaduk	T ₂	0,50	menit	Asumsi
Waktu Menuang	T ₃	0,25	menit	Asumsi
Waktu Menunggu	T ₄	0,25	menit	Asumsi
Waktu Siklus	T _s	1,50	menit	Asumsi

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>ELBA EBC D 30</i>				
Kapasitas produksi	Q	22,50	m ³ /jam	$Q = V \times Fa \times 60 / 100 \times Ts$
Volume Pekerjaan	V	28.455,33	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	20,00	bulan	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	500,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	1.264,68	hari	$H1 = V/Q$
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	4.000,00	jam	$H2 = H1/8$
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	0,32	Unit	$M = V/(Q \times H2)$
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	1,00	Unit	

Keterangan: Dengan volume pekerjaan pembetonan K-225 28.455,33 m³, waktu pekerjaan 500 hari. Didapatkan alat berat batching plant sejumlah 1 unit.

LAMPIRAN

Lampiran 17. D2 pada pekerjaan pembetonan K-225.

Perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat Concrete Pump, type Volvo Putmaster 2109D

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>VOLVO PUTMASTER BSA 2109 D</i>				
Kapasitas Produksi	Q	57,00	m ³ /jam	Lampiran Volvo Putmaster BSA
Volume Pekerjaan	V	28.455,33	m ³	Data Perencanaan
Jangkauan Vertikal	-	0,75	meter	Lampiran Volvo Putmaster BSA
Jangkauan Horizontal	-	0,50	meter	Lampiran Volvo Putmaster BSA
Diameter Pipa Beton	-	0,50	meter	Lampiran Volvo Putmaster BSA

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
<i>VOLVO PUTMASTER BSA 2109 D</i>				
Kapasitas Produksi	Q	57,00	m ³ /jam	Lampiran Volvo Putmaster BSA
Volume Pekerjaan	V	28.455,33	m ³	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	20,00	bulan	Data Perencanaan
Waktu Pelaksanaan	H	500,00	hari	Data Perencanaan
Kebutuhan Hari/ Pekerjaan	H1	499,22	hari	H1= V/Q
Kebutuhan Jam/ Pekerjaan	H2	3.494,51	jam	H2= H1/8
Jumlah Alat Yang Direncanakan	M	0,14	unit	M= V/(Q*H2)
Jumlah Alat Yang Dibutuhkan	B	1,00	unit	

LAMPIRAN

Lampiran 18. Perhitungan produktivitas material kebutuhan untuk pekerjaan bekisting

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
Data:				
Papan kayu kekuatan kelas II	bpk	100	mm ²	Perencanaan
	hpk	15	mm ²	Perencanaan
Balok kayu ukuran 80x120 mm	bbk	80	mm ²	Perencanaan
	hbk	120	mm ²	Perencanaan
Tegangan lentur maksimal kayu bekisting	σ_b	12,5	Mpa	$1.25 \times 10 = 125 \text{ kg/cm}^2$
Tegangan tumpuan yang diizinkan dari kayu	σ_d	3,1	MPa	$1.25 \times 2.5 = 3.1 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan geser yang di izinkan dari kayu	τ	1,5	Mpa	$1.25 \times 1.2 = 31 \text{ kg/cm}^2$
Modulus elastisitas	E	10000	Mpa	100000 kg/cm^2
Gaya tarik yang di izinkan pada pen senter	Fizin	40	kN	Ukuran pelat pengikut $150 \times 150 \text{ mm}^2$
$f_{maks} < 1/400 l$ (beton halus/bersih)				
Berat dinding beton	qdb	3,6	kN/m^2	Perencanaan
Berat pelaksanaan	qpl	0,2	kN/m^2	Perencanaan
Berat bekisting	qbk	1,5	kN/m^2	Perencanaan
Berat total	qtot	5,3	kN/m^2	$qtot = qdb + qpl + qbk$

A. Bekisting dinding bagian papan kayu 15 x 100 mm²:				
Momen perlawanan dari penampang kayu	W	3750	mm ³ /L100 mm	$W = 1/6 \times b \times h^2$
Momen Inersia papan kayu	I	28125	mm ⁴	$I = 1/12 \times b \times h^3$
Beban per satuan panjang	w	5,3	N/mm	w = beban total terbagi rata x satuan panjang
1 Perhitungan kekuatan				
Momen lentur yang terjadi	M	46875	Nmm	$M = \sigma_b \times W$
Jarak l1 kekuatan	l1	297,3943446	mm	$M = 1/10 w \times l_1^2 ; l_1 = (10 \times M / w)^{1/2}$

2 Perhitungan lendutan				
Jarak kekakuan diatas tiga tumpuan	l_1^3	16301886,79	mm	$f = f_{maks} ; f = (2.5 \times w \times l_1^4) / (384 \times E \times I) ; f_{maks} = 1/500 * l_1$
Jarak l_1 lendutan	l_1	253,5591522	mm	$l_1 = (l_1^3)^{1/3}$
Kesimpulan: lendutan < kekuatan, lendutan yang menentukan				
B. Balok penahan 80 x 120 mm²				
	W	192000	$\frac{mm^3}{L80 mm}$	$W = 1/6 \times b \times h^2$
Momen Inersia papan kayu	I	11520000	mm^4	$I = 1/12 \times b \times h^3$
Beban per satuan panjang balok	w	13,75	N/mm	$w = 0.25 * 55$

1 Perhitungan kekuatan

Momen lentur yang terjadi	M	2400000	Nmm	$M = \sigma_b \times W$
Jarak l_2 kekuatan	$\frac{1}{2}$	1321,156518	mm	$M = 1/10 w \times l_2^2; l_2 = (10 \times M / w)^{1/2}$

2 Perhitungan lendutan

Jarak kekakuan diatas tiga tumpuan	l_2^3	2573777455	mm	$f = f_{maks}; f = (2.5 \times w \times l_2^4) / (384 \times E \times I); f_{maks} = 1/500 * l_2$
Jarak l_2 lendutan	l_2	1370,430443	mm	$l_2 = (l_2)^{3/4}$

Kesimpulan:

kekuatan < lendutan, kekuatan yang menentukan

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
BEKISTING Dinding				
Data perencanaan:				
○ Tinggi dinding rata-rata	-	2.400,00	mm	Gambar kerja: pengecoran per 1500 mm
○ Tebal dinding rata-rata	-	1.200,00	mm	Gambar kerja: diambil tebal maksimum
○ Ketinggian Pump pipe	-	3.400,00	mm	Asumsi: tinggi beton jatuh dari +1m puncak tulangan tertinggi
○ Kecepatan penuangan (menanjak)	-	3,00	m/jam	Asumsi di lapangan
○ Tekanan horisontal beton segar maksimal	-	55,00	kN/m ²	Dinding tebal dan tinggi tekanan sisi + 10 kN/m ² (R. Segel : 1993)
○ Papan kayu bekisting multiplek				

	Ketebalan kayu	h_1	15,00	mm	Perencanaan
	Lebar kayu	b_1	100,00	mm	Perencanaan
	Panjang kayu	L_1	2.400,00	mm	Perencanaan
○	Balok kayu anak				
	Ketebalan kayu	h_2	80,00	Mm	Perencanaan
	Lebar kayu	b_2	120,00	Mm	Perencanaan
	Panjang kayu	L_2	2.400,00	mm	Perencanaan
○	Balok kayu badding				
	Ketebalan kayu	h_3	80,00	Mm	Perencanaan
	Lebar kayu	b_3	120,00	Mm	Perencanaan
	Panjang kayu	L_3	2.400,00	mm	Perencanaan

○	Tegangan izin lentur kayu yang diizinkan	σ_b	10,00	Mpa	Tebel Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI)
	Tegangan izin geser	τ	1,20	Mpa	Tebel Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI)
	Tegangan izin tekan perletakan	σ_d	2,50	Mpa	Tebel Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI)
	Modulus elastisitas	E	10.000,00	Mpa	Tebel Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI)
	Gaya tarik yang di izinkan pada pen senter		40,00	kN	

- Plat pengikut

Ketebalan kayu	h_3	150,00	mm	Perencanaan
----------------	-------	--------	----	-------------

Lebar kayu	b_3	150,00	mm	Perencanaan
------------	-------	--------	----	-------------

Panjang kayu	L	2.400,00	mm	Perencanaan
--------------	-----	----------	----	-------------

- Berat beton sendiri

w_1	3,60	Mm	Spesifikasi
-------	------	----	-------------

- Berat bekisting

w_2	0,20	mm	Spesifikasi
-------	------	----	-------------

- Beban variasi ketika dicor

w_3	1,50	kN/m^2	Spesifikasi
-------	------	-----------------	-------------

$$w = w_1 + w_2 + w_3$$

- Berat terbagi rata

w	5,30	kN/m^2
-----	------	-----------------

Perhitungan kekuatan papan:

○ Tegangan lentur kayu yang diizinkan (terkoreksi ke-1)	σ_{b1}	12,50	Mpa	$\sigma_{b1} = \sigma_b \times 1.25$; Koreksi 1.25 akibat waktu pembebanan yang singkat
○ Tegangan lentur kayu yang diizinkan (terkoreksi ke-2)	σ_{b2}	11,25	Mpa	$\sigma_{b2} = \sigma_{b1} \times 0.9$; Koreksi 0.9 akibat Penggunaan berulang-ulang
○ Momen perlawanan dari penampang yang akan dihitung	W	3.750,00	mm	$W = 1/6 \times b_1 \times h_1^2$; per b_1
○ Momen lentur yang terjadi akibat beban kerja	M	42.187,50	Nmm	$M = \sigma_{b2} \times W$
○ Jarak sumbu ke sumbu untuk balok anak	l_1	252,35	mm	$l_1 = (8 \times M / w_{pbL})^{1/2}$

Perhitungan kelendutan papan:

○ Momen inersia perletakan diatas beberapa tumpuan	I	28.125,00	mm ⁴	$I = 1/2 \times b_1 \times h_1^3$
--	---	-----------	-----------------	-----------------------------------

○	Modulus elastisitas (terkoreksi)	E_1	9.000,00	Mpa	$E_1 = E \times 0.9$; Koreksi 0.9 - 1 akibat penggunaan berulang-ulang
○	Jarak sumbu ke sumbu untuk balok anak	l_1	263,71	mm	$f = 2.5 \times w \times l_1^4 / (384 \times E_1 \times I)$; $f_{maks} = 1/400 \times l_1$
Keterangan:					
○	Perhitungan kekuatan papan: Jarak sumbu ke sumbu untuk balok anak	l_1	252,35	mm	Nilai l_1 untuk perhitungan kekuatan
○	Perhitungan kelendutan papan: Jarak sumbu ke sumbu untuk balok anak	l_1	263,71	mm	Nilai l_1 untuk perhitungan lendutan Disebabkan panjang semua papan 1000 mm maka jarak sumbu diambil 250
○	Perhitungan kekuatan yang menentukan	l_1	250,00	mm	

Periksa reaksi perletakan papan:

○ Tegangan izin lentur kayu bekisting bekas (terkoreksi)	σ_{d1}	2,815	Mpa	$\sigma_{d1} = \sigma_d \times 0.9 \times 0.25$
○ Lebar kayu lantai sebagai perletakan tengah	b_1	100,00	mm	
○ Lebar kayu di atas bagian balok anak	h_2	80,00	mm	
○ Luas penampang perletakan	A	8.000,00	mm ²	$A = b_1 \times h_2$
○ Reaksi tumpuan maksimum	R_{maks}	22.500,00	N	$R_{maks} = \sigma_{d1} \times A$
○ Reaksi tumpuan dengan perletakan lebih dari 3	R_{3+}	1.490,63	N	$R_{3+} = (5/8 + 1/2) w_{pbL} \times l_1$
○ Keterangan	Terpenuhi			

Periksa gaya lintang papan:

○ Luas irisan penampang satu bagian bekisting	A	240.000	mm ²	$A = b_1 \times L_1$
○ Tegangan geser izin maksimum terkoreksi	τ_{maks1}	1,35	Mpa	$\tau_{maks1} = 0.9 \times 1.25 \times \tau$
○ Gaya lintang izin maksimum	V_{maks}	216.00,00	N	$V_{maks1} = 2 \times \tau_{maks1} \times A / 3$

Gaya lintang terbesar untuk perletakan lebih dari 3	V_{3+}	828,13	N	$V_{3+} = 5/8 \times w_{pbL} \times l_1$
Keterangan	Terpenuhi			
Perhitungan kekuatan balok:				
Tekanan horizontal (terkoreksi)	w_h	13,75	N/mm	
Tegangan lentur kayu yang diizinkan (terkoreksi ke-1)	σ_{b1}	12,50	Mpa	
Tegangan lentur kayu g diizinkan (terkoreksi ke-2)	σ_{b2}	11,25	Mpa	
Momen perlawanan dari penampang yang akan dihitung	W	192.000,00	mm	
Momen lentur yang terjadi akibat beban kerja	M	2.400.000,00	Nmm	
Jarak sumbu ke sumbu untuk balok anak	l_2	1.321,16	mm	

Perhitungan kelendutan papan:

○ Momen inersia perletakan diatas beberapa tumpuan	I	11.520.000,00
○ Modulus elastisitas	E	10.000,00
○ Jarak sumbu ke sumbu untuk balok anak	l_2	1.370,43

Perhitungan reaksi perletakan:

○ Reaksi perletakan titik A	R_A	8,94	kN	$R_A = (r_A + r_{\text{bawah A}}) \times w_h$ (dianggap beban di katilever t di pikul RA) Perencanaan: beban di anggap setengah bentang AB 1m
Tinggi pengecoran lapis pertama	AB	1,1	m	

Jarak 1/2 AB	r_A	0,50	m	$t_A = 1/2 \times AB$
Jarak titik A ke ujung bekisting bawah	r_{bawah}	0,1	m	Perencanaan : diambil 0.2 m dari sisi luar bekisting
◦ Reaksi perletakan di titi B	R_B	12,18	kN	$R_B = (r_b + r_a) \times w_2$
Tinggi pengecoran lapis ke-2	BC	1,21	m	Perencanaan: beban di anggap setengah bentang BC 1.2 m
Jarak titik B ke setengah bentang AB	r_B	0,55	m	$r_B = 1/2 \times BC$
Beban rata-rata di tengah-tengah AC	w_1	8,40	kN/m	$w_1 = BC / (CPuncak + BC + 1/2 AB) \times w_h$
Beban rata-rata di tengah-tengah BC	w_2	11,07	kN/m	$w_2 = (w_h + w_1)/2$
◦ Reaksi perletakan di titi C	R_C	2,94	kN	$R_C = 1/2 w_1 \times (r_c + CPuncak)$
Jarak titik C ke setengah bentang BC	r_C	0,55	m	$r_c = 1/2 \times BC$
Tinggi pengecoran lapis ke-3	CPuncak	0,15	m	Perencanaan: beban di anggap setengah bentang C puncak 1.2m

Periksa gaya lintang balok ganda :

○ Tegangan izin lentur kayu balok ganda ○ (terkoreksi)	σ_{d2}	3,125 Mpa	$\sigma_{d1} = \sigma_d \times 1.25$
○ Luas irisan penampang satu bagian bekisting	A	12800 mm ²	$A = 2 \text{ balok} \times h_3 \times h_3$
○ Reaksi perletakan maksimal yang di izinkan	R _{maks}	40 kN	$R_{maks} = A \times \sigma_{d2}$
Keterangan Terpenuhi			
○ Tegangan geser izin maksimum terkoreksi	τ_{maks2}	1,5 Mpa	$\tau_{maks1} = 1.25 \times \tau_{maks}$
○ Gaya lintang izin maksimum	V _{maks}	9,6 kN	$V_{maks1} = 2 \times \tau_{maks2} \times b_3 \times h_3 / 3$
○ Gaya lintang perletakan	V _A	3,09375	$V_A = t_A \times w_h$

Keterangan **Terpenuhi**

Perhitungan Kekuatan Balok Ganda

				Reaksi perlertakan
○ Reaksi perletakan titik terbesar	RB	4,684821	kN	pada balok ganda terbesar
○ Perhitungan kekuatan yang menentukan	l_1	0,25	m	
○ Beban per meter	w_b	18,73929	N/mm	$w_b = RB / l_1$
○ Momen perlawanan dari penampang balok ganda	W_a	384000	mm^3	$W = 2 \times W$
○ Momen inersia perletakan diatas beberapa tumpuan balok ganda	I_{bg}	23040000	mm^4	$I_{bg} = 2 \times I$
○ Momen lentur yang terjadi akibat beban kerja	M	4800000	Nmm	$M = \sigma_{b1} \times W_a$
○ Jarak sumbu ke sumbu untuk balok ganda (kekuatan)	l	1600,457	mm	$l_1 = (M \times 10 / w_b)^{1/2}$

				$f = 2.5 \times w \times$
○ Jarak sumbu ke sumbu untuk balok ganda (lendutan)	l_2	1557,34	mm	$114 / (384 \times E \times I);$
				$f_{maks} = 1/500 \times l_1$
○ Jarak maksimal anatar sumbu pen senter	l_3	2134,553	mm	$I_3 = P_s / w_b$
○ Perhitungan kekuatan yang menentukan	l_3	800	mm	diambil 800 mm
○ Keterangan	Terpenuhi			

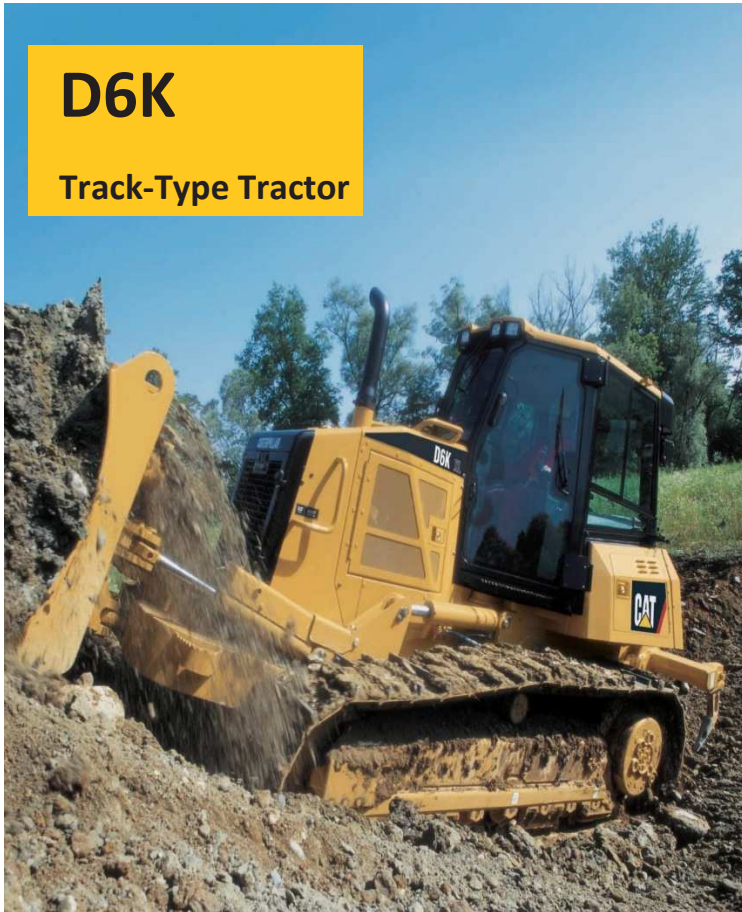
Cek Kekuatan stempel

○ Daya dukung stempel baja bersekrup	St	20	kN	(R Segel: 1993)
○ Beban per meter	wb	18,74	N/mm	$wb = RB / l_1$
○ Keterangan	Terpenuhi			

LAMPIRAN ALAT BERAT

LAMPIRAN

Lampiran 19. Spesifikasi alat berat bulldozer, type Caterpillar D6K



Service Refill Capacities			Blades		
Fuel Tank	29 5 L	77.9 gal	Blade Type	VP AT	
Cooling System	24 .4 L	6.4 gal	XL VPAT – Blade Capacity	2.7 m ³	3.5 yd ³
Engine Crankcase	16 .5 L	4.35 gal	XL VPAT – Blade Width	30 77 m m	10 ft
Final Drive (XL each)	15 L	4 gal	LGP VPAT – Blade Capacity	2.9 m ³	3.8 yd ³
Final Drive (LGP each)	23 L	6 gal	LGP VPAT – Blade Width	33 60 m m	11 ft
Hydraulic Tank	58 L	15.3 gal			

LAMPIRAN

Lampiran 20. Spesifikasi alat berat excavator, type Volvo EC 210B Prime

VOLVO EXCAVATORS EC 210B PRIME



Electrical system

High-capacity electrical system that is well protected. Waterproof double-lock harness plugs are used to secure corrosion-free connections. The main relays and solenoid valves are shielded to prevent damage.

Contronics: provides advanced monitoring of machine functions and important diagnostic information.

No. of track pads	2 x 49
Link pitch	190 mm
Shoe width, triple grouser	800/900 mm
No. of bottom rollers	2 x 8
No. of top rollers	2 x 2

Hydraulic system

The hydraulic system, also known as the Integrated work mode control is designed for high-productivity, high-digging capacity, high-maneuvering precision and good fuel

Hydraulic cylinders

Boom	2
Bore x Stroke	ø125 x 1,235 mm
Arm	1
Bore x Stroke	ø135 x 1,540 mm
Bucket	1
Bore x Stroke	
2.5/2.9/3.5 m arm	ø120 x 1,065 mm
2.0 m arm	ø130 x 1,040 mm
LR arm	ø100 x 865 mm

lax. permitted buckets

- Notes: 1. Bucket size based on ISO 7451, heaped material with a 1:1 angle of repose.
2. *Max. permitted sizes* are for reference only and are not necessarily available from the factory.
3. Bucket widths are less than bucket's tip radius.

EC210B LC prime with **direct fit bucket**, 4 200 kg counterweight.

Description	Max. bucket volume	5.7 m HD boom			
		2.0 m arm	2.5 m arm	2.9 m arm	3.5 m arm
GP bucket 1.5 t/m ³	I	1 550	1 425	1 300	1 200
GP bucket 1.8 t/m ³	I	1 375	1 250	1 150	1 075
HD bucket 1.8 t/m ³	I	1 300	1 175	1 100	1 000
HD bucket 2.0 t/m ³	I	1 200	1 100	1 025	950

EC210B LC prime with **U quick fit bucket**, 4 200 kg counterweight.

Description	Max. bucket volume	5.7 m HD boom			
		2.0 m arm	2.5 m arm	2.9 m arm	3.5 m arm
GP bucket 1.5 t/m ³	I	1 400	1 275	1 175	1 075
GP bucket 1.8 t/m ³	I	1 250	1 125	1 025	950
HD bucket 1.8 t/m ³	I	1 175	1 075	975	900
HD bucket 2.0 t/m ³	I	1 100	1 000	925	825

LAMPIRAN

Lampiran 22. Spesifikasi alat berat batching plant, type Elba EBC D30

Concrete Batching Plant							
SPECIFICATION	BRAND						
	AZP CBP 50	AZP CBP 120	ELBA EBC D 30	ELBA EBC D 60	KYC DBH 100	SCHWING CP 30	TRXBUILD 1000 LITER
Power Suplly [kw]	90,25	162	32	55	85	75	106
Mixer Capacity [liter]	-	-	750	1,500	1,000	750	1,000
Production fresh concrete [m³/jam]	50	120	30	59	60	30	50-60
Aggregate size [mm]	-	-	60/80	100/ 120	60/80	-	-
Mixing Period [second]	-	-	20-25	25-30	30-40	30	30-40
Silo Semen [ton]	2x60	2x100	41,309	op- tional	2x80	2x80	2x80

LAMPIRAN

Lampiran 23. Spesifikasi alat berat truck mixer, type Hino Dutro 130 HD Mixer



Truck Mixer

SPECIFICATION	BRAND		HINO FM 260 JM FM8JJKM-RGJ	HINO Dutro 130 HD Mixer WU342R-HKWTJ23M
	WM 800	WM 300		
Drum Capacity [m ³]	13	3,5	PERFORMANCE	Kecepatan Maks. 86 (km/jam) 47,1
Drum Agitating [m ³]	8	2,5		103 33,6
Drum Mixing [m ³]	7	2,5		Model J08E-UF 260/2500 (Ps/rpm)
Charging /Mixing (rpm)	10-18	2-18		130/2500
Agitating (rpm)	2-5	2-5		Momen Putir Maks 76/1500 (kgm/rpm)
Discharge (rpm)	5-15	2-15	MESIN	37/1800
Hydraulic Pump [kg]	PV23	Pv 20		Jumlah Silinder 4
Hydraulic Motor	MF22	Mv 20		Isi Silinder 4,009
Berat Mixer Kosong [kg]	3,050	-	TRANSMISI	Tipe ZF-9S110TD
Engine penggerak (mm)	HINO 260 JM	HINO DUTRO		5 speeds
			KEMUDI	Tipe Integral Power Steering
				Recirculating ball Screw
			TANGKI SOLAR	Radius Putir Min. 7,6 (m)
				5,8
				Kapasitas 200 (L)
				100

LAMPIRAN

Lampiran 24. Spesifikasi alat berat Concrete Pump type, Volvo Putmaster 2109D

Hydraulic Concrete Pump				
SPECIFICATION	BRAND	CATERPILLAR PUTMEISTER BSA 100 trailer	CATERPILLAR PUTMEISTER BSA 100 trailer	VOLVO PUTMEISTER BSA 2109 D
Power [HP]		197	443	268
Kapasitas Concrete Output [m³/jam]		54	70	57
Max Strokes [strokes/minute]		22	18	15
Max Pressure on Concrete [bar]		94	150	91
Max Aggregate Size [mm]		63	63	63,5
Jangkauan Vertikal [m]		-	-	31,8
Jangkauan Horizontal [m]		-	-	244
Diameter Pipa Beton [mm]		-	-	125

LAMPIRAN

Lampiran 25. Spesifikasi alat berat Drilling Machine, type Komatsu 285XPC

Rotary machinery	
Design	Dual hydrostatic / helical gear
Rotation speed	0-130 RPM
Maximum torque	Up to 17,626 Nm (13,000 ft-lbs.) at 65 RPM



LAMPIRAN

Lampiran 26. Spesifikasi alat berat Grout Pump type, Marmotta MP13



		ELECTRIC VERSIONS				HYDRAULIC VERSION	
MODEL		230 V	2010		Tronic		
Power/Oil flow rate		1,5 kW	4 kW	5,5 kW	4 kW	30 l/min *	50 l/min *
rpm		400	240	400	240 400		
	Max pressure ¹	Flow rate l/h ¹		Flow rate l/h ¹		Flow rate l/h ¹	
MPX - GREY	25 bar	900 l/h					
MP 2 - YELLOW	60 bar		240 l/h	400 l/h	240 l/h 400 l/h	240 l/h	400 l/h
MP 3 - BLUE	70 bar		750 l/h	1250 l/h	750 l/h 1250 l/h	750 l/h	1250 l/h
MP 7 - GREEN	80 bar		960 l/h	1600 l/h	960 l/h 1600 l/h	960 l/h	1600 l/h
MP 8 - ORANGE	60 bar		1440 l/h	2350 l/h	1440 l/h 2350 l/h	1440 l/h	2350 l/h
MP 13 - WHITE	60 bar		2160 l/h	3600 l/h	2160 l/h 3600 l/h	2160 l/h	3600 l/h

LAMPIRAN

Lampiran 27. Spesifikasi alat berat Grout Mixer type, Colmixer CP 500

CP500 Paddle Assisted Colloidal Mixer - Electric

- Maximum batch capacity 600 litres
- Colnidal mixer powered by a 22kW electric motor;
- Discharge pressure of 2 bar approx and rates
- Up to 700 litres per minute. Paddle / agitator powered by a 4kW electric motor
- Complete with electrical control panel.
- This machine is capable of outputs of 6-8 cubic metres per hour

Weight 950kg Approx

Dimensions 2000L x 1360W x 1720H

Model	Max. Output (M3/HR)	Batch Capacity (Litres)	Colloidal Electric (KW)	Paddle Electric (KW)
Colmixer CP6000	20 - 25	6000	2x22	11
Colmixer CP4000	17- 22	4000	2x22	7.5
Colmixer CP3000	15 - 20	3000	2x22	5.5
Colmixer CP2000T	15 - 20	2000	2x22	5.5
Colmixer CPI000T	12 - 16	1000	2x22	3
Colmixer CPI000	8 - 10	1000	22	3
Colmixer CP500	6-8	500	18.5	2.2

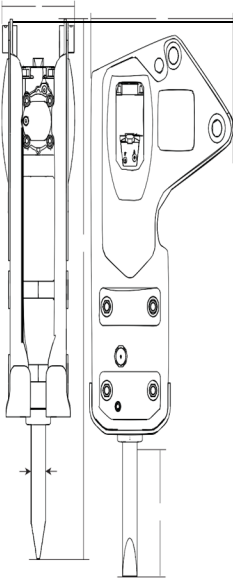


LAMPIRAN

Lampiran 28. Spesifikasi alat berat Jack Hammer type, Caterpillar H75E

SPESIFIKASI			H75E	
Recommended carrier weight	t	(lb)	6-10	(13,230-22,050)
Operating weight	kg	(lb)	440	(970)
Impact frequency	blows/min.		840–1,650	
Energy Class	J	(ft. lb.)	1,356	(1,000)
Acceptable oil flow	lpm	(gpm)	70–130	(18.5–34.3)
Operating pressure (Max)	kPa	(psi)	17,240	(2,500)

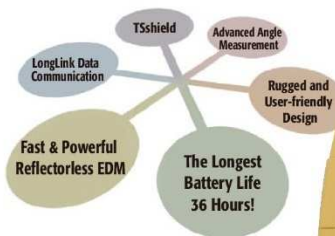
PRODUKTIFITAS			H75E	
Non–Reinforced Concrete	m ³	(yd ³)	65–107	(85–140)
Reinforced Concrete	m ³	(yd ³)	19–46	(25–60)



LAMPIRAN

Lampiran 30. Spesifikasi alat Total Station, type Topcon ES 101

The perfect combination of easy



Fast and Powerful Reflectorless EDM

- Fast and accurate pinpointing with phase shift technology.
- Fast distance measurement of 0.9s regardless of object.
- Minimum reflectorless measuring distance – just 50cm.
- Improved collimation with super-bright laser pointer.
- Smaller EDM beam spot size for minimal distance measuring error.
- Dependable measurement even at shallow incidence angles.
- Ensures accurate reflective sheet distance measurement.



The ultra-narrow EDM beam can precisely measure walls, corners, manholes on the surface, even chain-link fences and tree branches.



BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Khoirul Ahmadi dilahirkan di Wonogiri, 1 Juni 1996, merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharmawanita Nadi, SDN 1 Nadi, SMPN 2 Bulukerto, dan SMAN 2 Purwantoto. Setelah lulus dari SMA tahun 2015, Penulis melanjutkan pendidikan kuliah dan diterima di Program Studi Diploma Teknik Sipil FTSP-ITS dengan jenjang D3 pada tahun 2015 dengan NRP 10111500000039.

Di jurusan teknik sipil, penulis mengambil bidang studi Bangunan Keairan. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan yang diadakan di Jurusan. Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan pengembangan diri baik yang diadakan di Jurusan, Fakultas maupun Institut. Selain itu penulis juga aktif mengikuti kegiatan kepanitian dalam beberapa *event* Jurusan maupun Institut serta aktif dalam kegiatan kontribusi lainnya.

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Syukri Abdurrohman dilahirkan di Surabaya, 21 Januari 1997, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Al Islah Surabaya, SD Al Islah Surabaya, SMP Negeri 12 Surabaya, dan SMA Negeri 6 Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2015,

Penulis melanjutkan pendidikan kuliah dan diterima di Program Studi Diploma Teknik Sipil FTSP-ITS dengan jenjang D3 pada tahun 2015 dengan NRP 10111500000117.

Di jurusan teknik sipil, penulis mengambil bidang studi Bangunan Keairan. Penulis juga aktif mengikuti kegiatan kepanitian dalam beberapa *event* Jurusan maupun Institut serta aktif dalam kegiatan kontribusi lain.